

**KARAKTERISASI DAN ADSORPSI ZAT WARNA *METHYL ORANGE*
MENGUNAKAN ZEOLIT ALAM DENGAN VARIASI KONSENTRASI
HCl**

SKRIPSI

**Oleh:
DZUL HILMI AL MAHI
NIM. 14630075**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**KARAKTERISASI DAN ADSORPSI ZAT WARNA *METHYL ORANGE*
MENGUNAKAN ZEOLIT ALAM DENGAN VARIASI KONSENTRASI
HCl**

SKRIPSI

**Oleh:
DZUL HILMI AL MAHI
NIM. 14630075**

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang Untuk
Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**KARAKTERISASI DAN ADSORPSI ZAT WARNA *METHYL ORANGE*
MENGUNAKAN ZEOLIT ALAM DENGAN VARIASI KONSENTRASI
HCl**

SKRIPSI

**Oleh:
DZUL HILMI AL MAHI
NIM. 14630075**

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 26 April 2021**

Pembimbing I:



**Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc
NIDT. 19900906 20180201 2 239**

Pembimbing II:



**Mochamad Imamudin, M.A
NIP. 19740602 200901 1 010**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



**Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002**

**KARAKTERISASI DAN ADSORPSI ZAT WARNA *METHYL ORANGE*
MENGUNAKAN ZEOLIT ALAM DENGAN VARIASI KONSENTRASI
HCl**

SKRIPSI

Oleh:
DZUL HILMI AL MAHI
NIM. 14630075

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 26 April 2021

Penguji Utama	: Diana Candra Dewi, M.Si NIP. 19770720 200312 2 001	()
Ketua Penguji	: Vina Nurul Istighfarini, M.Si NIP. LB 63025	()
Sekretaris Penguji	: Lu'luatul Hamidatu Ulya, M.Sc NIDT. 19900906 20180201 2 239	()
Anggota Penguji	: Mochamad Imamudin, M.A NIP. 19740602 200901 1 010	()

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dzul Hilmi Al Mahi
NIM : 14630075
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Karakterisasi Dan Adsorpsi Zat Warna *Methyl Orange*
Menggunakan Zeolit Alam Dengan Variasi Konsentrasi
HCl

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila ini di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 28 April 2021
Yang membuat pernyataan,



Dzul Hilmi Al Mahi
NIM. 14630075

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kebesaran Allah SWT yang telah memberikan kesehatan rohani maupun jasmani dan juga memberikan umur yang panjang sehingga bisa sampai saat ini. Kepada yang utama Abi dan umik yang sangat keras membina dan mendidik serta memberikan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Alhamdulillahirobbil'amin.

MOTTO

“If Allah is making you wait, then be prepared to receive more than what you asked for”.

#KEEPSPIRIT

#KEEPTRYING#KEEPPRAYING

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya kepada penulis atas terselesainya skripsi ini. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW yang merupakan pencetus kehidupan keadilan, merevolusi dunia, penuntun umat agar senantiasa berpegang teguh pada Al-Qur'an dan al-Hadist dan beliau telah membimbing kita dari jalan yang salah menuju ke jalan yang benar.

Penulis mengucapkan syukur Alhamdulillah atas terselesaikannya laporan hasil penelitian dengan judul **“Karakterisasi Dan Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Zeolit Alam Dengan Variasi Konsentrasi HCl”**. Laporan hasil penelitian ini dimaksudkan sebagai salah satu syarat untuk memenuhi kewajiban untuk jenjang S1 dalam tugas akhir.

Selama proses penulisan skripsi ini, penyusun memperoleh banyak bimbingan, nasihat dan bantuan dari berbagai pihak. Penyusun mengucapkan banyak terima kasih pada kesempatan ini yaitu kepada:

1. Abi dan umik tercinta telah dan akan tetap memberikan banyak nasihat, doa dan dukungan baik moril maupun materil yang tak mungkin terbalaskan beserta keluarga penyusun.
2. Bapak Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si, selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc. selaku dosen pembimbing penelitian yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan nasehat kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Mochamad Imamudin, M.A selaku dosen pembimbing agama yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan nasehat kepada penyusun selama menyelesaikan skripsi ini.

6. Seluruh dosen, laboran dan juga staff admin Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman, wacana dan wawasannya sebagai pedoman dan bekal bagi penyusun.
7. Semua mahasiswa Kimia Angkatan 2014 khususnya kelas C Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan motivasi, informasi dan masukannya kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Semua rekan-rekan dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas segala bantuan dan motivasinya kepada penyusun.

Penulis menyadari akan kekurangan dan keterbatasan dalam penulisan skripsi. Oleh karena itu, diperlukan kritik dan saran yang membantu dalam upaya memperbaiki tulisan dan isi skripsi sehingga menjadi lebih baik lagi. Semoga tugas pembuatan skripsi ini dapat menjadi acuan dalam pembelajaran dan bermanfaat bagi kita semuanya. Aamiin.

Malang, 26 April 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
مستخلص البحث	xvi
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Batasan Masalah	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 9
2.1 Zat Warna	9
2.1.1 Methyl Orange	11
2.1.2 Dampak Methyl orange	13
2.2 Adsorpsi	14
2.2.1 Zeolit Alam.....	17
2.2.2 Aktivasi Zeolit	20
2.3 Karakterisasi	22
2.3.1 Difraksi Sinar-X (XRD).....	22
2.3.2 Fourier Transform Infrared (FTIR).....	24
2.4 Zeolit Alam Menurut Perspektif Islam	27
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	 31
3.1 Pelaksanaan Penelitian	31
3.2 Alat dan Bahan	31
3.2.1 Alat.....	31
3.2.2 Bahan	31
3.3 Tahapan Penelitian	31
3.4 Cara Kerja.....	32
3.4.1 Preparasi Sampel Zeolit	32
3.4.2 Aktivasi Secara Kimia	32
3.5 Karakterisasi Zeolit	33

3.5.1 Karakterisasi Zeolit Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)	33
3.5.2 Karakterisasi Zeolit Dengan Menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR)	33
3.6 Preparasi Sampel Methyl Orange (Fadjri, 2012).....	33
3.7 Pembuatan Kurva Standar	34
3.7.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	34
3.7.2 Pembuatan Kurva Standar	34
3.8 Penentuan pH Methyl Orange	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Preparasi Zeolit Alam.....	35
4.2 Aktivasi Secara Kimia.....	35
4.3 Karakterisasi Zeolit	38
4.3.1 Karakterisasi Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD).....	38
4.3.2 Karakterisasi Menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR).....	41
4.4 Preparasi Sampel Methyl Orange	45
4.5 Pembuatan Kurva Standar	46
4.5.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	46
4.5.2 Pembuatan Kurva Standar	48
4.6 Penentuan pH Optimum Methyl Orange	49
4.7 Hasil Penelitian Ditinjau dari Perspektif Islam	52
BAB V PENUTUP	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nama dan Struktur Kimia Kromofor	12
Tabel 2.2 Komposisi Zeolit Alam.....	18
Tabel 2.3 Karakterisasi Zeolit Alam	19
Tabel 2.4 Jenis Mineral Zeolit Yang Terdapat Dalam Batuan Zeolit	19
Tabel 2.5 Karakteristik Spektrum IR Zeolit Alam (Herald, 2003 dan Suroto, 2004 dalam Sriphapsari, 2006).....	27
Tabel 4.1 Puncak difraktogram zeolit murni.....	39
Tabel 4.3 Spektra IR dari zeolit alam dan zeolit teraktivasi	45
Tabel 4.4 Panjang gelombang maksimum Methyl Orange	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Methyl Orange	13
Gambar 2.2 Kepingan Zeolit Alam (Erlina, 2012)	18
Gambar 2.3 Skema dari berkas sinar X yang memantulkan dari sinar kristal dengan mengikuti Hukum Bragg (Hayati 2007).	23
Gambar 2.4 Hasil XRD zeolit alam Bandung (Kusuma, 2011).	24
Gambar 2.5 Prinsip FTIR (Stuart, 2004).	25
Gambar 2.6 Spektra FTIR Zeolit Alam (Nining dan Rusmini, 2019)	26
Gambar 4.1 Skema reaksi zeolit dengan HCl (Banon dan Suharto, 2008)	36
Gambar 4.2 Zeolit alam sebelum kalsinasi dan sesudah kalsinasi	37
Gambar 4.3 Difraktrogram XRD zeolit alam sebelum dan sesudah diaktivasi oleh HCl	38
Gambar 4.4 Spektrum IR Zeolit Murni dan Zeolit teraktiviasi oleh variasi konsentrasi HCl	42
Gambar 4.5 Panjang gelombang Methyl Orange	46
Gambar 4.6 Kurva Standar Methyl Orange	49
Gambar 4.7 Pengaruh pH terhadap penurunan konsentrasi Methyl Orange pada variasi pH	50
Gambar 4.8 Struktur Methyl Orange pada keadaan asam ($\text{pH} \leq 3,1$) dan pada keadaan basa ($\text{pH} \geq 4,4$)	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kerangka Penelitian.....	63
Lampiran 2 Diagram Alir	64
Lampiran 3 Perhitungan.....	67
Lampiran 4 Dokumentasi Gambar	70
Lampiran 5 Karakterisasi Zeolit Alam Dan Zeolit Teraktivasi	72
Lampiran 6 pH optimum methyl orange	75

ABSTRAK

Almahi, Dzul Hilmi. 2021. **Karakterisasi dan Adsorpsi Zat Warna *Methyl Orange* Menggunakan Zeolit Alam dengan Variasi Konsentrasi HCl**. Proposal. Pembimbing I: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc; Pembimbing II: Mochamad Imamudin, M.A.

Kata Kunci: zeolit, *methyl orange*, adsorpsi, aktivasi HCl

Zeolit alam merupakan material berpori yang telah dimanfaatkan dalam bidang industri sebagai adsorben, katalis, dan penukar ion. Zeolit mempunyai pori-pori yang dapat menyerap zat warna dan mempunyai kation yang bergerak bebas sehingga memungkinkan pertukaran ion tanpa merusak struktur zeolit. Sehingga zeolit dapat sebagai adsorben dalam mengadsorpsi limbah warna (*dyes*) buatan (*methyl orange*) dalam penurunan konsentrasinya dan dilakukan aktivasi zeolit menggunakan HCl dengan variasi konsentrasi HCl untuk mencari konsentrasi optimum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik struktur dan kandungan unsur dari zeolit yang diaktivasi HCl berkonsentrasi 4 M, 6 M, 8 M dan mengetahui konsentrasi optimum HCl pada aktivasi zeolit untuk mendegradasi *methyl orange*.

Tahapan penelitian meliputi, aktivasi zeolit, karakterisasi zeolit dengan menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR) dan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD), preparasi sampel *methyl orange*, analisis UV-Vis, adsorpsi *methyl orange* dengan zeolit alam teraktivasi HCl.

Hasil karakterisasi XRD menunjukkan zeolit alam tidak mengalami perubahan struktur akibat aktivasi menggunakan HCl meskipun terdealuminasi. Berdasarkan karakterisasi FTIR hasil aktivasi menggunakan HCl menunjukkan puncak yang muncul merupakan gugus fungsi dari kerangka zeolit. Kemudian adsorpsi *methyl orange* optimum pada zeolit 8 M untuk pH 3 dengan persen adsorpsi 80,01%

ABSTRACT

Almahi, Dzul Hilmi. 2021. **Characterization and Adsorption of Methyl Orange Using Natural Zeolites with Variations HCl Concentrations** Proposal. Supervisor I: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc ; Supervisor II : Mochamad Imamudin, M.A.

Keywords: zeolite, methyl orange, adsorption, activation HCl

Natural zeolite is porous material that has been used in industry as an adsorbent, catalyst, and ion exchange. Zeolites has pores that can absorb dyes and have cations that move freely to allow ion exchange without damaging the structure of zeolites. Zeolites can be adsorbents in adsorbing artificial dyes (*methyl orange*) in decreasing their concentration and zeolite activation is carried out using HCl with variations in HCl concentrations to find optimum concentrations. The purpose is to study the structural characteristics and elemental content of zeolites activated HCl concentrations of 4 M, 6 M, 8 M and determine the optimum concentration of HCl in zeolite activation to degrade *methyl orange*.

Stages of research involve, zeolite activation, zeolite characterization using Fourier Transform Infrared (FTIR) and using X-Ray Diffraction (XRD), sample preparation using methyl orange, analysis UV-Vis, adsorption of *methyl orange* with HCl activated natural zeolite.

The results of XRD characterization showed that natural zeolite did not undergo structural changes due to activation using HCl even though it was dealuminated. Based on the FTIR characterization of the activation results using HCl, the peak that appears is the functional group of zeolite framework. Then the optimum methyl orange adsorption on zeolite 8 M for pH 3 with 80.01% adsorption percent.

مستخلص البحث

الماهي ، ذو الحلم. (2021). توصيف الزيوليت الطبيعي و امتزاز صبغات برتقال الميثيل باستخدام الزيوليت الطبيعي مع تغير في تركيز حمض الهيدروكلوريك. البحث العلمي. المشرفة الأولى: لؤلؤة الحميدة العليا الماجستير ؛ المشرف الثاني: محمد إمام الدين الماجستير

الكلمات المفتاحية: زيوليت ، برتقال ميثيل ، امتزاز ، تفعيل حمض الهيدروكلوريك

الزيوليت الطبيعي هو عبارة عن مادة مسامية التي تم استخدامها في الصناعة كـممتاز و محفز و تبادل أيوني. تحتوي الزيوليت على مسام الذي يمكنها امتصاص الأصباغ و تحتوي على كاتيونات حرة الحركة التي تسمح بالتبادل الأيوني دون الإضرار بهيكل الزيوليت. بحيث يمكن استخدام الزيوليت كـممتاز في امتصاص الأصباغ الاصطناعية (ميثيل برتقالي) في تقليل تركيزه و تنشيط الزيوليت باستخدام حمض الهيدروكلوريك مع اختلافات في تركيز حمض الهيدروكلوريك لإيجاد التركيز الأمثل. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الخصائص الهيكلية و المحتوى الأولي للزيوليت المفعّل بتركيزات 4 م ، 6 م ، 8 م من حمض الهيدروكلوريك و تحديد التركيز الأمثل لهكلوريد الهيدروجين على تنشيط الزيوليت لتحلل برتقال الميثيل.

تضمنت مراحل البحث على تنشيط الزيوليت ، و توصيف الزيوليت باستخدام فورييه تحويل الأشعة تحت الحمراء (*FTIR*) و استخدام حيود الأشعة السينية (*XRD*) ، و تحضير عينة برتقالية الميثيل ، و تحليل *UV-Vis* ، و امتزاز برتقال الميثيل بالزيوليت الطبيعي المنشط *HCl*. أظهرت نتائج توصيف حيود الأشعة السينية (*XRD*) أن الزيوليت الطبيعي لم يخضع لتغيرات هيكلية بسبب التنشيط باستخدام حمض الهيدروكلوريك على الرغم من أنه تم توزيعه. بناءً على توصيف فورييه لتحويل طيف الأشعة تحت الحمراء (*FTIR*) لنتائج التنشيط باستخدام حمض الهيدروكلوريك ، فإن القمم التي تظهر هي مجموعات وظيفية من إطار الزيوليت. ثم الامتزاز الأمثل لبرتقال الميثيل على 8 م زيوليت لدرجة الحموضة 3 مع نسبة امتصاص 80.01%.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zat warna telah banyak digunakan pada makanan, minuman, tekstil, kosmetik, peralatan rumah tangga dan masih banyak lagi. Penggunaan zat warna sangat diperlukan untuk menghasilkan suatu produk yang lebih bervariasi dan menambah nilai pada produk tersebut. Pada mulanya zat pewarna yang digunakan adalah zat pewarna alami dari tumbuhan dan hewan. Kemudian, seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini, penggunaan zat pewarna alami semakin berkurang dalam suatu industri yang digantikan lebih banyak oleh pewarna sintetis, terutama industri pangan. Hal ini disebabkan bahan-bahan pewarna sintetis lebih murah dan memberikan warna yang lebih stabil dibandingkan pewarna alami (Hidayat dan Saati, 2006).

Seiring dengan perkembangan industri tekstil di Indonesia, produksi limbah cair zat warna tekstil pun semakin meningkat. Kehadiran limbah tersebut memberikan suatu permasalahan yang dominan terhadap lingkungan. Proses pencelupan pada industri tekstil memberikan kontribusi yang besar pada pencemaran air apabila limbah dibuang ke selokan atau sungai tanpa diolah terlebih dahulu (Suwarsa, 1998). Selama proses pencelupan berlangsung, sekitar 10-15% zat warna dihasilkan sebagai limbah (Fang dkk., 2004). Penggunaan zat warna sintetis sebagai materi utama dalam proses pewarnaan menunjukkan peningkatan yang signifikan seiring dengan pertumbuhan industri tekstil. Hal ini juga meningkatkan pencemaran limbah warna (*dyes*) sebagai hasil samping dari proses pewarnaan (Talarposhti dkk,

2001). Hal ini akan berakibat menurunnya kualitas perairan di sekitar industri dan makhluk hidup yang tinggal di dalamnya akan mati karena kekurangan O₂ atau terkontaminasi oleh bahan beracun (Widjajanti dkk, 2011).

Methyl orange merupakan salah satu zat warna yang sering digunakan dan juga merupakan zat warna anionik atau sering disebut dengan zat warna asam, yang sangat berguna sebagai larutan indikator asam bagi kepentingan analitik di berbagai laboratorium kimia (Mahatmanti dan Sumarni, 2003). *Methyl orange* juga merupakan zat warna azo yang digunakan dalam pewarnaan kain. Gugus azo yang dimilikinya merupakan zat warna sintetis dan paling reaktif dalam proses pencelupan bahan tekstil (Widjajanti dkk, 2011). Walaupun toksitas zat warna azo relatif rendah, akan tetapi keberadaannya dalam air dapat menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga mengganggu aktivitas fotosintesis mikroalga. Dampak lanjutannya adalah pasokan oksigen (O₂) dalam air menjadi berkurang dan akhirnya aktivitas mikroorganisme anoksik-anaerobik yang menghasilkan produk berbau tak sedap. Di samping itu, perombakan zat warna azo secara anaerobik pada dasar perairan menghasilkan senyawa amina aromatik yang kemungkinan lebih toksik dibandingkan dengan zat warna azo itu sendiri (Zee, 2002).

Methyl orange juga merupakan zat warna anionik dengan gugus azo yang berbentuk serbuk jingga tua yang memiliki ukuran molekul $1,58 \times 0,65 \times 0,26$ nm (Munmin dkk., 2012). Masuknya senyawa azo ke dalam lingkungan tidak diinginkan karena beberapa zat warna azo dan produk penguraiannya bersifat toksik dan mutagenik bagi kehidupan (Komala dkk, 2008).

Zat warna azo adalah senyawa yang paling banyak terdapat dalam limbah tekstil, yaitu sekitar 50 % (Blackbrun 2002). Sedangkan menurut Endang (2009)

zat warna azo adalah senyawa yang paling banyak terdapat dalam limbah tekstil, yaitu sekitar 60-70%. Limbah zat warna azo merupakan penggambaran dari kelas polutan organik yang berpotensi karsinogenik (Garcia dkk., 2006).

Kekayaan alam Indonesia sangat berlimpah dari segi material organik maupun anorganik yang dapat dimanfaatkan oleh manusia, sehingga keberadaannya tidak akan terbuang sia-sia. Bahan baku pembuatan zeolit merupakan bahan yang mengandung silika dan alumina. Bahan baku ini dapat diambil dari alam untuk mengurangi biaya sintesis zeolit dan pemanfaatan bahan alam (Ulfah, dkk., 2006). Zeolit mempunyai kegunaan yang luas dalam bidang agrikultura, hortikultura, rumah tangga, industri, pengolahan air dan pengolahan air limbah (Liu dkk., 2010). Kaitannya dalam bidang industri dan pengolahan air dan limbah, Penggunaan zeolit digunakan sebagai adsorben, pengemban katalis dan penghilang logam berat. Contoh aplikasi di bidang tekstil adalah mengatasi permasalahan limbah zat warna tekstil, metode yang banyak digunakan adalah metode adsorpsi, karena penggunaan adsorben relatif sederhana dan mudah diregenerasi (Emelda dkk., 2013)

Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT dalam surat Ali Imran ayat 191:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ
السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ١٩١

Artinya: “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka” (Qs. Ali Imran: 191).

Berdasarkan ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan semua yang ada di bumi, langit dan alam semesta pasti ada hikmahnya dan manfaatnya agar manusia berfikir serta beriman kepadanya. Setiap hal yang diciptakannya menunjukkan keagungannya. Maka hendaknya manusia mau berfikir untuk menjaga dan melestarikan segala sesuatu yang telah diciptakannya, serta dapat mengambil hikmah dan manfaatnya agar segala sesuatu yang diciptakannya tidak menjadi sia-sia. Menurut tafsir departemen agama (2010) Orang yang mau menggunakan akal pikirannya untuk merenungkan atau menganalisa fenomena alam akan dapat sampai kepada bukti yang sangat nyata tentang keEsaan dan kekuasaan Tuhan.

Zeolit merupakan suatu mineral anorganik yang berupa kristal dengan rumus kimia $\text{Na}_{12}(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12} \cdot 27\text{H}_2\text{O}$ yang tersusun dari tiga komponen yaitu aluminosilikat, kation yang dapat dipertukarkan, dan air (Yani, dkk., 2013). Zeolit terdiri dari 2 jenis, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam terbentuk dari proses perubahan alam (zeolitisasi) dari batuan vulkanik, seperti analsim, kabsit, klinoptilolit, dan lain-lain. (Trivana, dkk., 2015). Zeolit juga dapat dimanfaatkan sebagai penyaring, penukar ion, adsorben dan katalis (Lestari, 2010). Selain itu, mineral alam seperti zeolit banyak dimanfaatkan sebagai bahan proses dalam industri. Khususnya sebagai penyerap alternatif pada pengolahan limbah dan sebagai penjernih pada proses dekolorasi (Millar dkk., 2016). Kelemahan zeolit alam yaitu mengandung banyak pengotor serta memiliki kristalinitas yang rendah (Lestari, 2010). Zeolit mempunyai pori-pori yang dapat menyerap zat warna dan mempunyai kation yang bergerak bebas sehingga memungkinkan pertukaran ion tanpa merusak struktur zeolit (Trivana, dkk., 2015).

Zeolit dapat diaktivasi secara fisika dan kimia. Menurut Suharto, dkk. (2007) aktivasi zeolit secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan HCl dan NH_4NO_3 , yang menyebabkan adanya penurunan kadar logam Na dan K pada zeolit. Aktivasi zeolit bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa pengotor yang ada, membersihkan permukaan pori dan menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit (Said, dkk., 2008).

Pada penelitian ini akan digunakan HCl sebagai aktivator. Aktivasi menggunakan HCl bertujuan untuk melepaskan oksida-oksida logam yang menutupi rongga-rongga zeolit sekaligus menggantikan logam-logam penyeimbang muatan dengan ion H^+ (Harjanto, 1987). Penelitian yang telah dilakukan diantaranya oleh Endang (2008), ditemukan bahwa proses aktivasi zeolit efektif dengan menggunakan larutan pengaktif asam kuat.

Berbagai metode telah diupayakan untuk menangani limbah cair, salah satunya dengan cara melakukan metode adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan salah satu cara alternatif dan efektif dalam penanganan limbah yang disebabkan oleh zat pewarna (Stancovik, dkk., 2009). Peristiwa adsorpsi merupakan suatu fenomena permukaan di mana terjadi interaksi antar dua fasa yang menyebabkan terjadinya akumulasi partikel pada permukaan adsorbat (Pujiastuti dkk., 2008).

Penelitian yang dilakukan oleh Ismuyanto (1998) menunjukkan bahwa aktivasi zeolit dengan HCl mampu meningkatkan kemampuan adsorpsi zeolit terhadap Alizarin Red sebesar 75% dibandingkan penyucian hanya dengan akuades. Zeolit alam teraktivasi HCl dan H_2SO_4 berpotensi sebagai adsorben baik gas maupun larutan (Wirawan dkk., 2015). Pada pengamatan yang dilakukan oleh Soetardji (2015) menunjukkan bahwa perlakuan awal menggunakan larutan yang

berbeda yaitu HCl dan H_2PO_4 , sementara adsorbat yang digunakan mempunyai kadar amonium sebesar 400 mg/L. Hasilnya, presentase amonium sebesar 65% untuk perlakuan dengan HCl dan 58% untuk perlakuan dengan H_2PO_4 . Dari hasil kajian pustaka terhadap karakteristik zeolit yang dilakukan terhadap rasio silika/alumunium (Si/Al), ternyata rasio Si/Al yang dihasilkan dengan pengaktivasi H_2SO_4 lebih tinggi dibandingkan HCl yaitu masing-masing 22,49 dan 15,64, yang dilakukan masing-masing 1 normalitas (Soetardji 2015)

Beberapa metode adsorpsi yang sudah dilakukan untuk penurunan konsentrasi limbah warna pada limbah *methyl orange* kurang efektif, seperti adsorpsi dengan biomassa fungi yang membutuhkan waktu 8 hari untuk setiap ppm nya (Gopalakrishnan dan Sellappa, 2011), sedangkan adsorpsi dengan zeolit menurunkan konsentrasi *methyl orange* kurang dari 50 % dari konsentrasi 25 ppm menjadi 9,85 ppm (Widjajanti dkk., 2011). Menurut penelitian Endang (2011) bahwa pH optimum adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah maupun metil orange ternyata didapatkan pH optimum adalah 2. Dan waktu optimum adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah maupun metil orange adalah sama yaitu 60 menit.

Menurut (Trisunaryanti, dkk., 2005), zeolit alam yang ada di Indonesia sebanyak 60-70% nya merupakan jenis mordenit dan sisanya klinoptilolit. Zeolit alam jenis mordenit merupakan zeolit yang memiliki kandungan Si sedang dengan perbandingan Si/Al = 5 dan ukuran pori 6,7-7 Å (Lestari, 2010 dan Hasibuan, 2012). Zeolit mordenit mampu menyerap ion logam tembaga karena mempunyai stabilitas termal tinggi yang tahan terhadap perlakuan asam (Solikah dan Budi, 2014). Zeolit mordenit juga termasuk kategori zeolit yang mempunyai pori yang

besar (terbentuk dari cincin oksigen beranggotakan 12) yang memiliki stabilitas yang tinggi terhadap asam serta mampu mempertahankan strukturnya hingga mencapai temperatur 800-900°C (Prasetyo, dkk., 2012).

Berdasarkan pernyataan-pernyataan yang sudah dipaparkan, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi zeolit sebagai adsorben dalam mengadsorpsi limbah warna (*dyes*) buatan (*methyl orange*) dalam penurunan konsentrasinya. Oleh karena itu, penelitian ini akan dilakukan aktivasi zeolit menggunakan HCl dengan variasi konsentrasi HCl untuk mencari konsentrasi optimum. Zeolit teraktivasi akan dikarakterisasi dengan menggunakan instrumen XRD dan spektrofotometer FTIR. Dikarakterisasi menggunakan XRD (*X-ray Diffraction*) untuk mengetahui struktur terhadap zeolit alam yang telah teraktivasi. FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk menganalisis gugus fungsional yang terdapat pada zeolit alam. Kemudian diaplikasikan sebagai adsorben pada zat warna *methyl orange* untuk mencari kemampuan adsorpsi yang terbaik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik struktur dan gugus fungsional dari zeolit yang telah diaktivasi HCl dengan variasi konsentrasi 4 M, 6 M dan 8 M ?
2. Berapakah konsentrasi optimum HCl pada aktivasi zeolit untuk mengadsorpsi *methyl orange* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang harus dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik struktur dan gugus fungsional dari zeolit yang diaktivasi HCl berkonsentrasi 4 M, 6 M dan 8 M.
2. Mengetahui konsentrasi optimum HCl pada aktivasi zeolit untuk mengadsorpsi *methyl orange*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi konsentrasi HCl (4 M, 6 M dan 8 M).
2. Karakterisasi zeolit alam dianalisis dengan menggunakan XRD dan FTIR.
3. Zeolit alam yang digunakan berasal dari Bandung.
4. Konsentrasi *methyl orange* yang digunakan 10 ppm.
5. Variasi pH yang dilakukan pada pH 3, 5 dan 7

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan zeolit alam dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai adsorben dengan berbagai macam variasi konsentrasi yang digunakan, sehingga dapat meningkatkan nilai guna zeolit alam sebagai adsorben

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Zat Warna

Pewarna banyak dijumpai dan digunakan untuk berbagai jenis makanan, terutama berbagai produk jajan pasar dan berbagai makanan olahan yang dibuat oleh industri kecil, industri rumah tangga dan industri besar (Yuliarti, 2007). Pewarna sangat diperlukan untuk menambah nilai artistik dan digunakan dalam memvariasikan suatu produk (Jos, dkk., 2011). Pewarna merupakan zat warna atau bahan lain yang dibuat dengan cara sintetis atau cara kimiawi lain, atau bahan alami dari tanaman, hewan, mineral atau sumber lainnya yang diekstrak, diisolasi atau terbuat dari ekstrak atau isolat dengan atau tanpa perubahan identitas yang bila ditambahkan atau digunakan ke bahan makanan, obat, kosmetik, atau ke bagian tubuh (bisa sendiri atau karena reaksi dengan bahan lain) menjadi bagian dari warna dari bahan tersebut (Tranggono, 1990). Zat pewarna sintetis memiliki beberapa keunggulan dibandingkan zat warna alam yaitu, mudah diperoleh di pasar, ketersediaan warna terjamin, jenis warna beragam dan lebih praktis serta lebih mudah digunakan serta lebih ekonomis dan lebih murah (Kartina, dkk., 2013). Di samping itu pewarna sintetis, lebih stabil, lebih tahan terhadap lingkungan, daya mewarnainya lebih kuat dan memiliki rentang warna yang lebih luas serta tidak mudah luntur dan berwarna cerah (Kant, 2012).

Perkembangan industri di bidang sandang, pangan, kosmetik dan farmasi serta terbatasnya jumlah zat pewarna alami menyebabkan peningkatan penggunaan zat warna sintetis (Paryanto, dkk., 2012). Warna merupakan salah satu aspek

penting dalam hal penerimaan konsumen terhadap suatu produk pangan. Warna dalam bahan pangan dapat menjadi ukuran terhadap mutu, warna juga dapat digunakan sebagai indikator kesegaran atau kematangan (Winarno, 1992). Winarno (1992), juga menambahkan bahwa apabila suatu produk pangan memiliki nilai gizi yang baik, enak dan tekstur yang sangat baik.

Berdasarkan data badan pusat statistik tahun 2000 mencerminkan bahwa kebutuhan zat pewarna baik untuk keperluan proses produksi dan industri meningkat tiap tahunnya. Tingginya pemakaian zat pewarna pada kegiatan industri tertentu membawa dampak pada peningkatan jumlah bahan pencemaran dalam limbah cair yang dihasilkan. Menurut Selvam dkk (2003), sekitar 10.000 jenis pewarna digunakan pada industri tekstil dan lebih dari 7×10^5 ton bahan pewarna diproduksi setiap tahunnya. Selama proses pewarnaan, 10–15% dari zat warna tekstil yang digunakan akan terbuang bersama limbah.

Warna dalam air dapat disebabkan oleh adanya ion-ion metal alam yaitu besi (Fe) dan mangan (Mn). Naptol termasuk dalam zat pewarna yang tidak larut dalam air, untuk melarutkannya diperlukan zat pembantu yaitu kostik soda (Rambe, 2009). Salah satu zat tambahan dalam industri tekstil adalah senyawa fosfat. Pada industri tekstil, fosfat dipakai sebagai pemberi warna cerah dan memperbaiki sistem ikatan benang pintal (Shreve, 1995). Salah satu pencemar organik yang bersifat non biodegradable adalah zat warna tekstil. Zat warna tekstil umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya yang merupakan gugus benzena. Senyawa azo bila terlalu lama berada di lingkungan, akan menjadi sumber penyakit karena sifatnya karsinogen dan mutagenik maka perlu dicari alternatif efektif untuk menguraikan limbah tersebut (Christina, 2007).

Umumnya proses industri tekstil akan menghasilkan limbah zat warna *non-biodegradable* (Wijaya dkk., 2006). Zat warna yang terkandung dalam limbah industri tekstil tersebut diantaranya *methyl orange*. Zat warna methyl orange ini sangat berbahaya karena dapat menyebabkan alergi, iritasi kulit, serta kanker (Cahyadi, 2006).

Limbah yang dihasilkan oleh industri umumnya berupa limbah cair. Sebagian besar limbah cair mengandung zat warna. Industri yang banyak menghasilkan limbah zat warna yaitu industri tekstil. Zat warna yang bertujuan untuk memperindah bahan tekstil ternyata membawa dampak bagi kelestarian lingkungan. Limbah zat warna merupakan senyawa organik yang sukar terurai, bersifat resisten dan toksik (Widihati dkk., 2011). Jika limbah tersebut dibuang ke perairan maka menyebabkan air mempunyai tingkat warna yang tinggi juga akan menyebabkan kenaikan BOD yang nyata, sinar matahari yang seharusnya bisa masuk akan terhalang oleh zat warna sehingga akan menghambat proses fotosintesis tumbuhan di air. Hal tersebut akan mengganggu ekosistem yang ada di dalamnya dan juga menyebabkan pencemaran pada lingkungan.

2.1.1 Methyl Orange

Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor dan aoksokrom. Gugus kromofor merupakan gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna. Pada Tabel 2.1 dapat dilihat beberapa nama gugus kromofor dan struktur kimianya. Sedangkan aoksokrom berperan sebagai pengikat warna dengan serat (Manurung dkk., 2004).

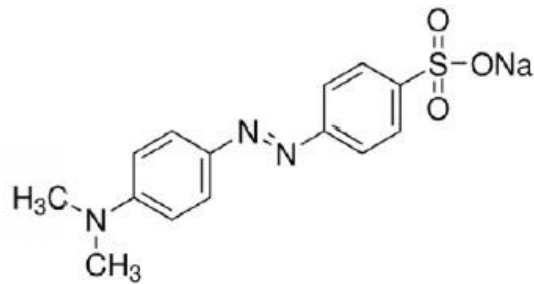
Tabel 2.1 Nama dan Struktur Kimia Kromofor

Nama Gugus	Struktur Kimia
Nitroso	NO atau (-N-OH)
Nitro	NO ₂ atau (NN-OOH)
Grup Azo	-N=N-
Grup Etilen	-C=C-
Grup Karbonil	-C=O-
Grup Karbon-Nitrogen	-C=NH; CH=N-
Grup Karbon Sulfur	-C=S; C-S-S-C-

Sumber: Manurung dkk. (2004)

Methyl orange juga merupakan zat warna azo yang digunakan dalam pewarnaan kain. Gugus azo yang dimilikinya merupakan zat warna sintetis dan paling reaktif dalam proses pencelupan bahan tekstil (Widjajanti dkk., 2011). *Methyl orange* merupakan molekul zat warna dengan rumus molekul $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ dan mempunyai berat molekul 327,33 g/mol. Panjang gelombang maksimum larutan methyl orange adalah sekitar 465 nm (Oakes dan Gratton, 1998).

Salah satu pewarna yang banyak ditemukan pada limbah industri tekstil yaitu *Methyl orange*. *Methyl orange* merupakan zat warna anionik atau sering disebut dengan zat warna asam, yang sangat berguna sebagai larutan indikator asam bagi kepentingan analitik di berbagai laboratorium kimia (Mahatmanti dan Sumarni, 2003). *Methyl orange* juga merupakan zat warna anionik dengan gugus azo yang berbentuk serbuk jingga tua yang memiliki ukuran molekul $1,58 \times 0,65 \times 0,26$ nm (Munmin dkk., 2012). *Methyl orange* merupakan zat warna dispersi jenis azo yang memiliki kelarutan rendah dalam air dan dapat dihilangkan seperti partikel koloid (Kuo, 1992). Zat warna azo mempunyai sistem kromofor dari gugus azo (-N=N-) yang berikatan dengan gugus aromatik seperti pada gambar 2.1 (Fadjri, 2012):



Gambar 2.1 Struktur Methyl Orange

2.1.2 Dampak Methyl orange

Methyl orange juga merupakan zat warna azo yang digunakan dalam pewarnaan kain. Gugus azo yang dimilikinya merupakan zat warna sintetis dan paling reaktif dalam proses pencelupan bahan tekstil (Widjajanti, dkk., 2011). *Methyl orange* adalah zat warna anionik yang tergolong zat warna azo yang diketahui dapat menyebabkan alergi dan *hypersensitivity* (Sitepu, dkk., 2016). Keberadaan zat warna dalam perairan juga dapat mengurangi serapan cahaya matahari sehingga dapat mengganggu proses fotosintesis tanaman yang menyebabkan berkurangnya kadar oksigen dalam air (Gong, dkk., 2005).

Zat warna azo paling banyak digunakan dalam aplikasi komersial. Masuknya komponen azo ke dalam lingkungan tidak diinginkan, tidak hanya karena warna yang ditimbulkan tetapi juga karena beberapa zat warna azo dan produk penguraiannya bersifat toksik dan mutagenik bagi kehidupan (Komala dkk., 2008).

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Pada Adsorpsi ada yang disebut Adsorben dan Adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap (Giyatmi, 2008). Proses adsorpsi merupakan pemisahan komponen dari campuran berdasarkan pemindahan massa ketika dalam campuran adsorbat (air/gas) bertemu dengan adsorben (padat). Apabila keduanya bertemu, maka kedua komponen akan diencerkan dalam larutan dan akan ditransfer dari fase cair ke permukaan adsorben (Nascimento dkk., 2012). Atkins (1999) menyatakan bahwa adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam.

Proses adsorpsi diaplikasikan untuk mengadsorpsi logam dalam limbah cair dan mengadsorpsi zat warna pada limbah cair. Ada tiga langkah dalam adsorpsi zat warna oleh adsorben meliputi pemindahan zat warna dari larutan dalam jumlah besar ke permukaan adsorben, adsorpsi pada permukaan adsorben, dan transportasi dalam partikel adsorben (Selvaraju, 2013).

Adsorpsi dapat terjadi pada antar fasa yaitu, padat-cair, padat-gas atau gas-cair. Molekul yang terikat pada bagian antar muka disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menyerap molekul-molekul adsorbat disebut adsorben. Peristiwa adsorpsi terjadi karena adanya interaksi antara adsorbat dengan adsorben yang hanya terjadi pada permukaan adsorben. Adsorpsi adalah gejala pada

permukaannya, sehingga makin besar luas permukaan, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Walaupun adsorpsi masih bergantung pada zat pengadsorpsi (Fatmawati, 2006).

Adsorpsi secara umum dibedakan menjadi dua jenis yaitu, adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia (Adamson, 1990). Adsorpsi fisika adalah adsorpsi yang disebabkan oleh interaksi antara adsorben dan adsorbat pada permukaan yang hanya dipengaruhi oleh gaya van der Waals atau ikatan hidrogen (Castellan, 1983). Proses adsorpsi fisika bersifat reversible (dapat balik) karena dapat dilepaskan kembali dengan adanya penurunan konsentrasi larutan. Adsorbat tidak terikat secara kuat pada bagian adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari bagian permukaan ke bagian lain dan dapat diganti oleh adsorbat lain (Larry, 1982).

Adsorpsi kimia merupakan proses penyerapan yang melibatkan pemutusan dan pembentukan ikatan baru pada permukaan adsorben (Sugiarti dan Zaenab, 2008). Adsorbat yang teradsorpsi oleh proses kimia umumnya sangat sulit untuk diregenerasi (Oscik, 1991), adsorpsi ini biasanya tidak reversible. Untuk memisahkan adsorbat dan adsorben harus dipanaskan pada suhu tinggi (Larry, 1982).

Suatu adsorbat yang terserap dipermukaan adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni (Gaol, 2001):

1. Jenis pada adsorbat dapat ditinjau dari
 - a. Ukuran molekul adsorbat, tempat terjadinya adsorpsi dapat dicapai melalui ukuran yang sesuai, sehingga molekul-molekul yang bisa diadsorpsi adalah molekul-molekul yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter pori adsorben.

- b. Polaritas molekul adsorbat, apabila diameter sama, molekul-molekul polar lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul yang kurang polar, sehingga molekul-molekul yang lebih polar bisa menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang telah diserap.
2. Sifat adsorben, dapat ditinjau dari
- a. Kemurnian pada adsorben, adsorben yang lebih murni mampu memiliki daya serap lebih yang baik.
 - b. Luas Permukaan, semakin luas permukaan adsorben maka jumlah adsorbat yang terserap akan semakin banyak pula.
 - c. Temperatur, adsorpsi merupakan proses eksotermis sehingga jumlah adsorbat akan bertambah dengan berkurangnya temperatur adsorbat. Adsorpsi fisika yang substansial biasa terjadi pada temperatur di bawah titik didih adsorbat, terutama dibawah 50°C. Sebaliknya pada adsorpsi kimia, jumlah yang diadsorpsi berkurang dengan naiknya temperatur adsorbat.
 - d. Tekanan, untuk adsorpsi fisika, kenaikan tekanan adsorbat mengakibatkan kenaikan jumlah zat yang diadsorpsi.

Berbagai metode telah diupayakan untuk menangani limbah cair, salah satunya dengan cara melakukan metode adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan salah satu cara alternatif dan efektif dalam penanganan limbah yang disebabkan oleh zat pewarna (Stancovik, dkk., 2009). Menurut penelitian Endang (2011) bahwa proses adsorpsi zeolit terhadap pewarna metil merah maupun metil orange ternyata tidak pengikatan adsorbat tidak terbatas lagi pada monolayer. Meskipun mempunyai pola isoterm sama, namun daya adsorpsi zeolit terhadap metil merah

lebih tinggi dibandingkan daya adsorpsi metil orange. Hal ini disebabkan jumlah nukleofil pada metil merah lebih banyak dibandingkan metil orange.

2.2.1 Zeolit Alam

Zeolit alam merupakan material berpori yang telah dimanfaatkan dalam bidang industri sebagai adsorben, katalis, penyaring molekuler, penukar ion dan padatan pendukung. Zeolit alam mempunyai beberapa sifat diantaranya dapat digunakan sebagai dehidrasi, adsorpsi, penukar ion, katalisator dan separator (Amelia dan Isnaryata, 2003). Zeolit alam mempunyai struktur rangka, mengandung ruang kosong yang ditempati oleh kation dan molekul air yang bebas sehingga memungkinkan pertukaran ion atau chemisorptions (Adamson, 1990). Hingga saat ini terdapat lebih dari 39 jenis mineral zeolit yang dapat ditemui dan terbentuk secara alami di alam, serta telah diketahui strukturnya. Mineral-mineral zeolit di alam kebanyakan bercampur dengan mineral lainnya seperti mordenit, faujasit, klinoptilolit dan erionit.

Zeolit alam terbentuk dari abu vulkanik yang telah mengendap jutaan tahun silam (Sutarti, 1994). Zeolit alam adalah jenis mineral yang biasanya ditemukan dalam lubang-lubang batuan lava basalt (traps rock) dan batuan sedimen piroklastik berbutir halus (tuff). Zeolit di alam bercampur dengan mineral lain seperti felspar, sodalit, naphelit, dan leusit. Kristal-kristalnya terbentuk dari proses hidrotermal yang melibatkan reaksi antara larutan garam atau dengan aliran lava (Barrer, 1982). Ada tujuh jenis zeolit alam yang memiliki nilai komersial yaitu *Clinoptilolite*, *Chabazite*, *Modernite*, *Phillipsite*, *Erionite*, *Analcime*, dan *Ferrierite*.



Gambar 2.2 Kepingan Zeolit Alam (Erlina, 2012)

Komposisi kimia zeolit bergantung pada komposisi hidrotermal lingkungan lokal seperti, suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah. Hal ini menjadikan zeolit dengan tekstur dan warna yang sama mungkin berbeda komposisi pada kimianya jika diambil dari daerah yang berbeda, karena adanya kombinasi dengan mineral yang berupa partikel-partikel halus dan pengotor lainnya (Iskandar, 2008).

Tabel 2.2 Komposisi zeolit alam

Komposisi	% Berat
SiO ₂	78,83
Al ₂ O ₃	12,50
Fe ₂ O ₃	1,50
K ₂ O	2,27
Na ₂ O	1,07
MgO	1,95
CuO	2,14

Sumber: Sutarti, 1994

Zeolit mempunyai sejumlah sifat kimia maupun fisika menarik, diantaranya memiliki sifat inert, stabilitas termal tinggi, memiliki rongga yang memungkinkan terjadinya adsorpsi, mempunyai kemampuan untuk mengikat logam sebagai katalis dan memiliki luas permukaan yang besar yang memungkinkan proses terjadinya proses katalitik (Augustine, 1996).

Tabel 2.3 Karakterisasi Zeolit Alam

Sifat	Keterangan
Density	1,1 gr/cc
Porositas	0,31
Volume Pori	0,28-3 cc/g
Surface area	1-20 m ² /g
Jari-jari makropori	30-100 nm
Jari-jari mikropori	0,5 nm

Sumber: Sutarti, 1994

Zeolit alam jenis mordenit merupakan material mikropori yang memiliki kemampuan penyerapan dan difusi reaktan serta dapat digunakan sebagai bahan pengemban logam. Selain itu, rongga dan saluran yang dimiliki zeolit mordenit, mampu digunakan sebagai adsorben, penukar ion dan katalisator (Sutarti dan Rachmawati 1994). Mordenit adalah mineral zeolit yang terjadi secara alami yang mempunyai rasio Si/Al mendekati 10. Keistimewaan dari mordenit adalah permukaan oval cincin 12 dengan ukuran 0,67 x 0,7 nm. Dilihat dari strukturnya, setiap kerangka atom berada di sebelah rongga cincin 12 atau 8 (Augustin, 1996).

Tabel 2.4 Jenis Mineral Zeolit Yang Terdapat Dalam Batuan Zeolit

Nama Mineral	Rumus Kimia Unit Sel
Faujasit	$\text{Na}_{58}(\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
Ferriet	$(\text{Na}_2\text{Mg}_2)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
Hulandit	$\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
Klinoptilolit	$(\text{Na}_4\text{K}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
Mordenit	$\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
Natrolit	$\text{Na}_4(\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Scolecit	$\text{Ca}_2(\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Thomsonit	$(\text{NaCa}_2)(\text{Al}_5\text{Si}_5\text{O}_{20}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Wairakit	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Yugawaralit	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Sumber: Clark, 1979

Menurut Rosita, dkk (2004) zeolit memiliki struktur yang berbeda, sesuai pembentukannya di alam. Oleh sebab itu, penggunaan zeolit alam sebagai adsorben dibutuhkan suatu proses aktivasi untuk meningkatkan sifat khusus zeolit sebagai adsorben. Menurut penelitian Botianovi (2012), zeolit alam Malang mengandung unsur-unsur K (3,74%), Ca (4,26%), dan Fe (25,3%) serta unsur-unsur lainnya. Persen mineral mordenit pada zeolit alam Malang sebesar 55-85 % yang menunjukkan kandungan mineral tersebut relatif tinggi.

2.2.2 Aktivasi Zeolit

Umumnya zeolit yang terdapat di alam masih mengandung banyak pengotor organik dan anorganik yang menutupi pori-porinya, sehingga untuk meningkatkan daya serapnya perlu dilakukan aktivasi terlebih dahulu (Khairinal dan Trisunaryanti, 2000). Peningkatan daya guna dan optimalisasi zeolit alam dilakukan secara fisika ataupun kimia (Prinata, dkk., 1985). Proses fisika yakni proses yang dilakukan dengan cara pemanasan (kalsinasi). Proses aktivasi fisika dengan pemanasan dapat dilakukan pada suhu antara 200-600°C selama 3 jam (Anggara, dkk., 2013). Proses aktivasi kimia dilakukan dengan melakukan pengasaman. Tujuannya untuk menghilangkan pengotor anorganik. Pengasaman ini akan menyebabkan terjadinya pertukaran kation dengan H^+ (Ertan, 2005).

Proses kalsinasi bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori zeolit sehingga jumlah pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah. Pemanasan dilakukan selama 2-3 jam, tergantung besarnya kandungan unsur pengotor yang ada serta stabilitas zeolit terhadap panas. Stabilitas ini dipengaruhi oleh jenis mineral zeolit yang terkandung. Proses pemanasan zeolit dikontrol, karena pemanasan yang berlebih-lebihan akan menyebabkan zeolit tersebut rusak

(Hendrawan, 2010). Menurut Widjaja, dkk., (2013) pemanasan dengan suhu lebih dari 700°C akan merusak struktur dari zeolit, sehingga kemampuan adsorpsi zeolit akan menurun, sedangkan suhu di bawah 200°C tidak akan menguapkan seluruh air yang ada dalam pori-pori zeolit.

Yuanita (2010) menjelaskan bahwa kandungan logam seperti Ca, Fe pada zeolit mengalami penurunan setelah perlakuan dengan HCl. Selain itu, zeolit teraktivasi asam lebih efisien dalam menyerap logam seperti Cu, Pb, Cd, Zn, Fe, dan Mn (Saryati, dkk., 2010). Luas permukaan spesifik dan rerata jejari pori mengalami peningkatan. Peningkatan ini lebih disebabkan karena terjadinya pembukaan pori zeolit yang semula tertutup oleh penutup. Selain itu, Listiana, (2008) melakukan penelitian tentang zeolit alam teraktivasi dengan HCl yang digunakan sebagai adsorben. Zeolit alam diaktivasi dengan berbagai variasi konsentrasi HCl yaitu 4, 6, 8, dan 10 M untuk mengetahui kemampuan zeolit alam dalam mengadsorpsi ion Ca^{2+} . Berdasarkan penelitiannya diperoleh bahwa HCl dengan konsentrasi 4 M memberikan nilai kapasitas maksimumnya sebesar 20.91%. Hasil XRF menunjukkan terjadinya penurunan kandungan logam seperti Ti, Al, Ca, Fe, K dan Mg. Aziz, dkk., (2012) dan Maleiva, dkk., (2015) menggunakan HCl 6 M untuk mengaktivasi zeolit alam. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Yulius (2017) variasi konsentrasi HCl 0,5 M 1,5 M dan 3,0 M yang digunakan pada proses aktivasi bertujuan untuk mendapatkan hasil aktivasi terbaik dan mengetahui ketahanan struktur zeolit terhadap senyawa asam. Hasil pengukuran kandungan logam Fe terlarut dalam HCl pada konsentrasi 3 M sebesar 3100,221 mg/L.

2.3 Karakterisasi

2.3.1 Difraksi Sinar-X (XRD)

Difraksi sinar-X merupakan suatu metode analisis yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan radiasi elektromagnetik sinar-X yaitu pengukuran radiasi sinar-X yang terdifraksi oleh bidang kristal. Penghamburan sinar-X oleh unit-unit pada kristal, akan menghasilkan pola difraksi yang digunakan untuk menentukan susunan partikel pada pola padatan (Goldberg, dkk., 2004). XRD digunakan untuk mengetahui ciri utama kristal, seperti parameter kisi dan tipe struktur. Selain itu, juga dimanfaatkan untuk mengetahui rincian lain seperti susunan berbagai jenis atom dalam kristal, kehadiran cacat, orientasi, dan cacat kristal (Smallman, 2000).

Prinsip kerja difraksi sinar-X adalah sinar-X dihasilkan dari tabung sinar-X yang terjadi akibat adanya tumbukan elektron-elektron yang bergerak sangat cepat dan mengenai logam sasaran, elektron ini membawa energi foton yang cukup untuk mengionisasi sebagian elektron di kulit K (1s), sehingga elektron yang berada pada orbital kulit luar akan berpindah dan mengisi orbital 1s dengan memancarkan sejumlah energi berupa sinar-X. Radiasi yang dihasilkan orbital K ke orbital lain disebut sinar-X deret K, dimana K₁ adalah eksitasi elektron ke kulit L. K₂ adalah eksitasi elektron ke kulit M. Demikian juga untuk K₃ dan seterusnya (Ewing, 1985). Hukum Bragg menyatakan bahwa jika berkas sinar-X ditembakkan pada permukaan kristal pada sudut θ , sebagian dihamburkan oleh lapisan atom-atom dipermukaan. Bagian yang tidak dihamburkan akan menembus menuju lapisan kedua atom-atom dan dihamburkan sebagian sehingga yang tidak terhambur selanjutnya akan lewat menuju lapisan ketiga dan seterusnya. Efek kumulatif dari

hamburan yang berasal dari pusat kristal yang berjarak teratur adalah terjadinya difraksi sinar. Hukum Bragg didefinisikan sebagai (Hayati, 2007):

$$n\lambda = 2d \sin \theta; n = 1, 2, \dots \quad (2.1)$$

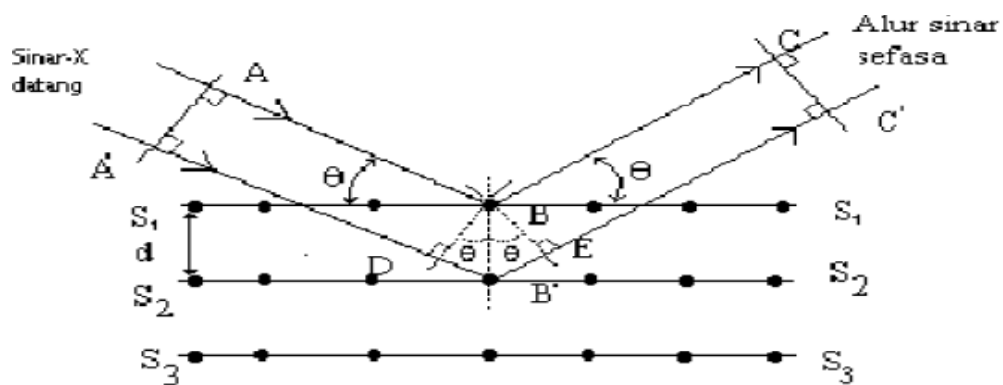
Keterangan:

λ = panjang gelombang sinar-X yang digunakan,

d = jarak antara dua bidang kisi,

θ = sudut antara sinar datang dengan bidang normal, dan

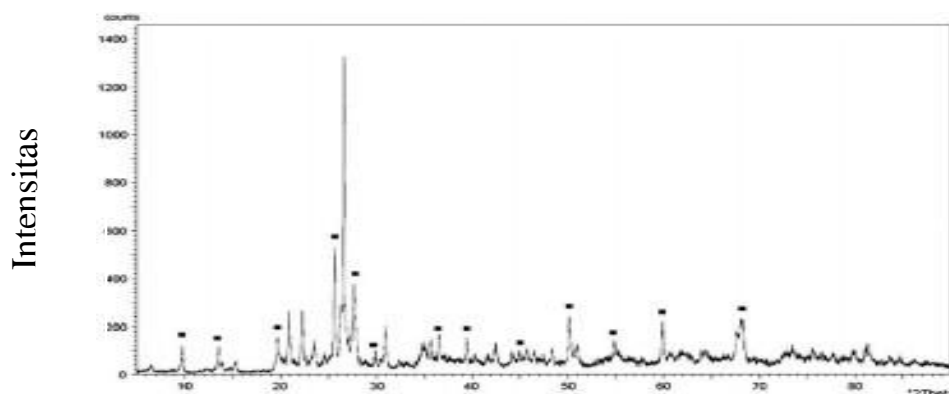
n = bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan.



Gambar 2.3 Skema dari berkas sinar X yang memantulkan dari sinar kristal dengan mengikuti Hukum Bragg (Hayati 2007).

Identifikasi spesies dari pola difraksi didasarkan pada posisi garis (dalam θ dan 2θ) dan intensitas relatifnya. Harga 2θ ditentukan oleh harga d . Dengan bantuan persamaan Bragg, maka harga d dapat dihitung dari panjang gelombang yang diketahui dan sudut terukur. Intensitas garis tergantung pada jumlah dan jenis pusat atom pemantul yang ada pada setiap lapisan. Identifikasi kristal dilakukan secara empiris dimana diperlukan data standar mengenai harga d dan garis intensitas dari senyawa murni. Dengan mengukur intensitas dari garis difraksi dan

membandingkannya dengan standar maka analisi kuantitatif dari campuran kristal dapat dilakukan (Skoog dan West, 1980).



Gambar 2.4 Hasil XRD zeolit alam Bandung (Kusuma, 2011).

Zeolit alam Bandung banyak mengandung zeolit jenis mordenit yang dapat dilihat dari hasil karakterisasi XRD yang telah dilakukan oleh Kusuma (2011) munculnya puncak-puncak tersebut pada 2θ ($^{\circ}$) = 12,4; 19,4; 29,9; 37,1; 45, 56, dan 60,6. Puncak khas mordenit berada pada rentang sudut difraksi (2θ) antara 10-50. Zeolit alam ini memiliki luas permukaan dan ukuran pori yang relatif besar dibandingkan dengan zeolit alam lainnya (Zulfa, 2011).

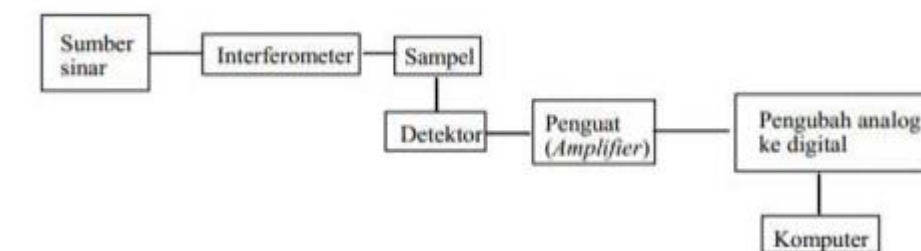
2.3.2 Fourier Transform Infrared (FTIR)

FTIR merupakan variasi instrumental dari spektroskopi inframerah (IR). Spektroskopi inframerah merupakan metode analisis yang digunakan untuk indentifikasi jenis senyawa berdasarkan spektra absorpsi sinar inframerahnya. Analisis ini dapat mengetahui gugus fungsi dari senyawa dan dapat memberikan informasi pendukung dalam penentuan struktur molekul suatu senyawa. Metode ini berdasarkan pada molekul dengan gugus fungsi tertentu dan memiliki frekuensi

spesifik yang dihubungkan dengan vibrasi dari atom gugus fungsi tersebut. (Sibilia, 1996).

Prinsip kerja metode analisis FTIR yaitu terjadinya sinar datang dari sumber sinar yang diteruskan, kemudian akan dipecahkan oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Selanjutnya, sinar hasil pantulan dari kedua cermin tersebut akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar pada detektor berfluktuasi. Sinar akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang terdapat pada *Interferometer* (Prastika, 2015).

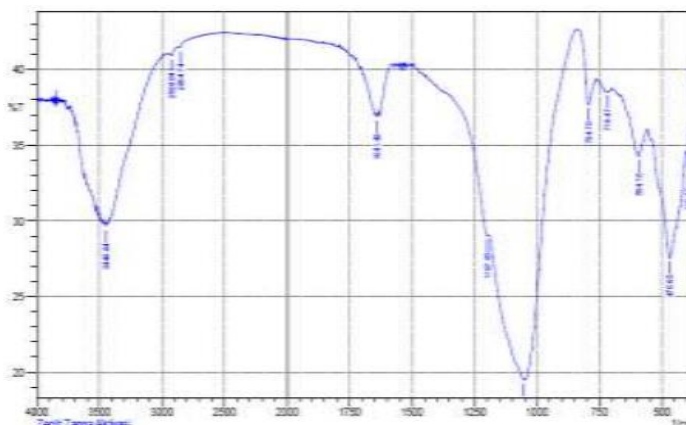
Interferometer berfungsi untuk mengatur intensitas sumber sinar inframerah dengan mengubah dari posisi cermin pemantul yang memantulkan sinar dari sumber sinar ke sampel. Hasil scanning dari interferometer ini berupa interferogram dan kemudian diubah menjadi spektrum antara intensitas dan frekuensi dengan bantuan komputer berdasarkan operasi matematika (Prastika, 2015).



Gambar 2.5 Prinsip FTIR (Stuart, 2004)

Karakterisasi zeolit alam dengan FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam zeolit alam. Secara umum zeolit mempunyai daerah serapan yang karakteristik di sekitar bilangan gelombang $1200 - 300 \text{ cm}^{-1}$. Daerah sekitar $1.150 - 1.050 \text{ cm}^{-1}$ merupakan uluran asimetri eksternal SiO_4 (atau AlO_4), $820 - 750 \text{ cm}^{-1}$ merupakan uluran simetri eksternal SiO_4 dan $650 - 500 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi cincin ganda (Mozgawa, dkk., 2011). Ketiga daerah bilangan gelombang tersebut merupakan puncak tidak sensitif terhadap perubahan struktur (Goncalves, dkk., 2008). Jalinan internal pada zeolit muncul pada daerah serapan sekitar $1.250 - 950 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya vibrasi ulur asimetri dari Si-O dan Al-O dari kerangka alumino silikat. Vibrasi ulur simetri Si-O dan Al-O muncul pada daerah serapan sekitar $720 - 650 \text{ cm}^{-1}$, dan tekukan Si-O dan Al-O pada $500 - 420 \text{ cm}^{-1}$ (Mozgawa, dkk., 2001).

Menurut Carlson (2004) karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) zeolit alam diketahui serapan khas terletak pada bilangan gelombang 460 dan 710 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi ikatan Si-O-Si dan Al-O-Si.



Gambar 2.6 Spektra FTIR Zeolit Alam (Nining dan Rusmini, 2019)

Hasil penelitian dari Nining dan Rusmini (2019) pada Gambar 2.6 bahwa karakterisasi zeolit alam menggunakan FTIR menunjukkan adanya vibrasi ulur asimetris Si-O-Si dan Al-O-Si pada panjang gelombang $1051,24\text{ cm}^{-1}$, vibrasi ulur simetris Si-O-Si dan Al-O-Si pada panjang gelombang $794,7\text{ cm}^{-1}$.

Berdasarkan hasil analisis spektroskopi inframerah tersebut dapat disimpulkan bahwa zeolit alam menunjukkan karakter kerangka struktur zeolit dalam tabel 2.5

Tabel 2.1 Karakteristik Spektrum IR Zeolit Alam (Heraldy, 2003 dan Suroto, 2004 dalam Sriphapsari, 2006)

Jenis vibrasi	Bilangan gelombang (cm^{-1})	
	Zeolit alam	Referensi
Vibrasi ulur O-H	3448	3442 dan 3448
Vibrasi ulur T-O ₄	1053	1055; 1043; dan 1052
Vibrasi tekuk T-O pada ikatan eksternal (kerangka zeolit)	779	796; 777; dan 794
Vibrasi tekuk T-O	466	445; 447; dan 470

2.4 Zeolit Alam Menurut Perspektif Islam

Pembahasan tentang alam merupakan hal yang perlu dikaji, salah satunya mengenai kandungan mineral yang ada di bumi ini. Alqur'an yang bersifat kontekstual dan universal memerintahkan manusia untuk mempelajari setiap kandungan ayatnya. Upaya peningkatan pemahaman mengenai ayat-ayat Alqur'an perlu dilakukan untuk mengetahui kandungan tentang pengetahuan alam semesta, termasuk ilmu mineralogi. Alqur'an menunjukkan skema bayangan warna yang ditemukan tidak hanya pada tumbuh-tumbuhan, tetapi tampak pula dalam bebatuan

dan barang-barang tambang, sesuai dengan firman Allah dalam surah Fathir ayat 27 yang berbunyi:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ

Artinya: “Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat” (QS. Fathir (35): 27).

Berdasarkan ayat tersebut menjelaskan tentang bukti-bukti dari kekuasaan Allah SWT. Ayat ini berisi tentang ajakan-ajakan kepada setiap orang untuk berfikir dan memperhatikan ciptaan Allah yang beragam dan beraneka macam. Keanekaragaman itu terjadi tidak hanya pada buah-buahan, melainkan juga gunung-gunung yang memiliki jalur dan garis-garis yang terlihat berwarna putih, merah, dan terlihat hitam pekat (Shihab, 2002). Allah menjadikan gunung-gunung yang berlainan warnanya. Tanahnya ada yang putih, ada yang merah dan ada yang hitam pekat. Gunung-gunung itu mempunyai jalan-jalan (jalur) yang berbeda warnanya, padahal gunung itu terdiri atas tanah dan batu-batuan (ash-Shiddieqy, 2000).

Warna dari gunung yang bermacam-macam disebabkan adanya perbedaan materi-materi yang dikandung oleh bebatuan gunung-gunung itu. Jika besi, maka warna dominannya adalah merah; jika materinya batubara, maka dominannya hitam; jika materinya perunggu, maka gunung tersebut berwarna kehijauan, dan seterusnya. Meskipun bentuknya beraneka macam, tapi berasal dari materi yang

satu dalam perut bumi. Semua itu bertujuan untuk kemudahan dan pemanfaatan umat manusia (Shihab, 2002). Allah menciptakan gunung-gunung yang kelihatan seperti garis-garis, ada yang kelihatan putih, merah dan hitam pekat. Garis-garis berwarna pada batuan paling umum dijumpai pada jenis batuan sedimen. Setiap lapisan batuan sedimen dapat memiliki warna yang berbeda karena tersusun dari material yang berbeda. Perbedaan warna ini terutama dicirikan oleh perbedaan susunan mineralogisnya. Mineral berwarna putih antara lain alumino-silika, berwarna merah antara lain besi oksida (hematit) dan mineral-mineral yang lain (Departemen Agama RI, 2010).

Zeolit merupakan mineral alam yang dihasilkan dari proses proses hidrotermal pada batuan beku basa, mineral tambang ini dijumpai mengisi celah-celah ataupun rekahan dari batuan tersebut. Zeolit juga merupakan endapan dari aktivitas vulkanik sebuah gunung. Zeolit berwarna putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan atau putih kekuning-kuningan yang tersusun atas unit tetrahedral silika-alumina (Sutarti dan Rahmawati, 1994). Berdasarkan kandungan mineral alam yang berupa zeolit perlu adanya upaya pemanfaatan yang tepat. Pemanfaatan segala ciptaan Allah di bumi ini untuk memenuhi kebutuhan hidup agar tidak ada yang sia-sia, namun penggunaanya tidak berlebihan. Salah satu pemanfaatan tersebut yaitu adanya peningkatan daya guna mineral alam zeolit sebagai katalisator. Allah berfirman dalam surat ar- Ruum ayat 8:

أَوَلَمْ يَتَفَكَّرُوا فِي أَنفُسِهِمْ ۚ مَا خَلَقَ اللَّهُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا إِلَّا بِالْحَقِّ
وَأَجَلٍ مُّسَمًّى ۚ وَإِنَّ كَثِيرًا مِّنَ النَّاسِ بِلِقَاءِ رَبِّهِمْ لَكَافِرُونَ

Artinya: Dan mengapa mereka tidak memikirkan tentang (kejadian) diri mereka? Allah tidak menjadikan langit dan bumi dan apa yang ada diantara keduanya melainkan dengan (tujuan) yang benar dan waktu yang ditentukan. Dan sesungguhnya kebanyakan di antara manusia benar-benar ingkar akan pertemuan dengan Tuhannya (QS. ar-Ruum [30]:8).

Berdasarkan ayat tersebut, menjelaskan bahwa segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah SWT mempunyai suatu tujuan. Ibnu Asyur menyatakan bahwa yang dimaksud dengan kata “*al-haq*” pada ayat tersebut adalah “apa yang mestinya menjadi hikmah dan tujuan penciptaan langit dan bumi” (Shihab, 2002).

Kalimat *في انفسهم* kedudukannya sebagai *zharaf* dari tafakkur, bukan sebagai *maf'ul'bih* dari kata kerja “*yatafakkaru*” karena mereka tidak diperintahkan untuk merenungi penciptaan diri mereka sendiri, bahkan terhadap penciptaan langit dan bumi, serta yang ada diantara keduanya (al-Jazairi, 2008). Semua yang diciptakan oleh Allah tidak diciptakan tanpa guna, tetapi semuanya itu diciptakan dengan tujuan tertentu. Penciptaan itu telah diberikan batasan waktu tertentu, yaitu hari kiamat (Abdullah, 2004).

Adapun abu vulkanik ini adalah salah satu material alam yang diproses menjadi zeolit yang dapat berfungsi sebagai penjernih air, penukar kation, katalis absorben dan lain-lain. Penelitian ini diharapkan mampu menjadi stimulus bagi setiap orang-orang yang berusaha dan mengembangkan inovasi-inovasi atau pemikiran baru dalam memanfaatkan kekayaan alam yang ada di bumi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni - Agustus 2020 di Laboratorium Kimia Anorganik, Laboratorium Instrumentasi Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang dan Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, seperangkat alat gelas, *magnetic stirrer* (pengaduk magnet), *hot plate*, *shaker*, oven, botol akuades, seperangkat alat penyaring vakum, *X-Ray Diffraction* (Phillip tipe X'Pert MPD), *Fourier Transform Infrared* (Scimitar Series Varian 1000), *spectrophotometer visible*.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah Zeolit alam dari Bandung, zat warna *methyl orange*, akuades, HCl.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Karakterisasi zeolit menggunakan XRD dan FTIR

2. Aktivasi kimia dengan variasi konsentrasi HCl
3. Karakterisasi zeolit hasil aktivasi menggunakan XRD dan FTIR
4. Adsorpsi zat warna *methyl orange* dengan zeolit
5. Analilis data.

3.4 Cara Kerja

3.4.1 Preparasi Sampel Zeolit

Sampel zeolit diambil 50 gram dan dicuci dengan akuades 250 mL untuk menghilangkan tanah yang menutupi permukaan zeolit, kemudian zeolit yang sudah dicuci disaring. Selanjutnya zeolit dipanaskan dalam oven dengan suhu 120°C selama 3 jam sampai kering, kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh (Suarya, 2008).

3.4.2 Aktivasi Secara Kimia

Zeolit yang telah dipreparasi kemudian ditimbang sebanyak 50 gr dan dimasukkan ke dalam 3 buah erlenmeyer 250 mL. Zeolit tersebut kemudian ditambahkan 100 mL HCl dengan konsentrasi 4, 6 dan 8 M sambil diaduk selama 5 jam dengan menggunakan pengaduk magnet (Akar, dkk., 2009). Campuran selanjutnya disaring dan dicuci dengan air panas (60-70°C) hingga pH netral. kemudian zeolit yang sudah dicuci disaring. Selanjutnya zeolit dipanaskan dalam oven dengan suhu 120°C selama 3 jam (Suarya, 2008), dan dilakukan kalsinasi pada suhu 550 °C selama 4 jam (Setiadi, 2007).

3.5 Karakterisasi Zeolit

3.5.1 Karakterisasi Zeolit Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi dengan XRD dilakukan pada sampel zeolit. Sampel dihaluskan hingga menjadi serbuk halus kemudian ditempatkan pada preparat dan dipress dengan alat pengepres. Selanjutnya ditempatkan pada sampel holder dan disinari dengan sinar-X dengan radiasi Cu K α sebesar 1,541 Å dengan sudut 2 θ sebesar 5-60° dan kecepatan scan 0,02° / detik.

3.5.2 Karakterisasi Zeolit Dengan Menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR)

Hasil produk reaksi ditetaskan dalam plat tempat sampel. Kristal KBr digerus dalam mortar agate kemudian dipress dan dibentuk pellet. Selanjutnya pelet diletakkan di atas cuplikan larutan. Larutan ditetaskan diantara pellet dan plat tempat sampel. Setelah itu dimasukkan ke dalam instrumen FTIR dan dibuat spektrum IR pada rentang bilangan gelombang 4000 – 400 cm⁻¹.

3.6 Preparasi Sampel Methyl Orange (Fadjri, 2012)

Larutan induk *Methyl Orange* 100 ppm dibuat dengan cara melarutkan 0,1 g serbuk *methyl orange* dengan 100 mL akuades hingga larut. Kemudian diencerkan dengan labu takar 1000 mL sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan *methyl orange* 100 ppm sebanyak 1000 mL. Kemudian dilakukan pengenceran *methyl orange* menjadi 10 ppm.

3.7 Pembuatan Kurva Standar

3.7.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Larutan induk *Methyl Orange* 10 mg/L masing-masing pada pH 3, 5, dan 7 kemudian diukur λ_{\max} nya dalam spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang antara 400-700 nm. Blanko yang digunakan untuk larutan standar pH 7 adalah akuades sedangkan blanko untuk larutan standar pH 3 dan 5 akuades ditambah HCl dan diketahui λ_{\max} dari larutan *Methyl Orange* (Endang, 2011).

3.7.2 Pembuatan Kurva Standar

Dibuat larutan standar *methyl orange* dengan konsentrasi 1, 5, 10, 15, 20 dan 25 mg/L dan dimasukkan kedalam 5 buah labu ukur 50 mL dengan volume masing-masing 0,5; 2,5; 5; 7,5; 10 dan 12,5 mL larutan induk *methyl orange* 100 mg/L. Diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

3.8 Penentuan pH Methyl Orange

Sebanyak lima buah erlenmeyer 100 mL masing-masing diisi dengan 25 mL methyl orange 10 ppm dengan variasi pH masing-masing 3, 5 dan 7. Pengkondisian pH dilakukan menggunakan HCl 0,1 N (untuk pH 3, 5). Kemudian ditambahkan zeolit yang sudah diaktivasi menggunakan HCl (4, 6 dan 8 M) sebanyak 30 mg. Kemudian dikocok dan disaring. Kemudian dilakukan pengaturan pH kembali sesuai dengan pH optimum sebelumnya.

Selanjutnya pengukuran absorbansi *methyl orange* menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang optimum. Diperoleh pH sampel terbaik dan diulangi percobaan ini hingga tiga kali.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Zeolit Alam

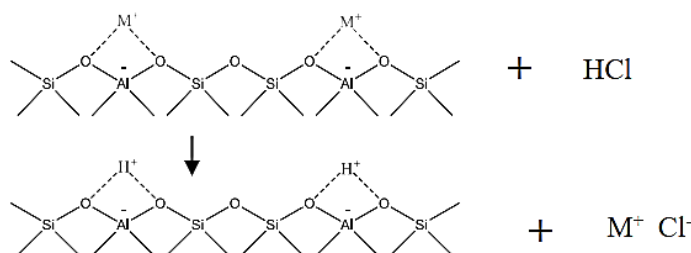
Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam yang berasal dari kota Bandung. Preparasi sampel bertujuan untuk menyeragamkan ukuran zeolit dan menghilangkan pengotor fisik sehingga dapat memaksimalkan proses aktivasi. Penyeragaman ukuran zeolit dilakukan dengan cara zeolit dihaluskan dan diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh. Zeolit direndam dalam akuades dan diaduk dengan *stirrer*, untuk menghilangkan pengotor-pengotor fisik yang menutupi permukaan pada zeolit. Kemudian campuran disaring dan dipanaskan dalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam sampai kering. Pada tahap ini air yang masih terkandung dalam zeolit menguap sehingga didapatkan zeolit yang kering berbentuk serbuk dan berwarna abu-abu.

4.2 Aktivasi Secara Kimia

Aktivasi merupakan salah satu tahap untuk meningkatkan kualitas zeolit alam sebagai katalis dengan mengurangi pengotor yang ada di dalam zeolit alam. Zeolit alam diaktivasi secara kimia yaitu dengan menggunakan larutan asam misalnya menggunakan larutan HCl.

Aktivasi zeolit dilakukan dengan perendaman zeolit dalam HCl yang bertujuan untuk melarutkan kation pengotor dalam permukaan zeolit. Variasi konsentrasi HCl 4 M, 6 M dan 8 M yang digunakan pada proses aktivasi yang bertujuan untuk mendapatkan hasil aktivasi terbaik serta dapat mengetahui

ketahanan struktur zeolit terhadap senyawa asam. Kation zeolit alam yang telah lepas dari zeolit dan sisa anion Cl^- larut dalam akuades sehingga pengotor zeolit dan sisa anion dihilangkan dengan cara penyaringan menggunakan akuades hingga pH pada larutan netral. Proses pertukaran ion logam alkali yang digantikan oleh ion H^+ ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Skema reaksi zeolit dengan HCl (Banon dan Suharto, 2008)

Selanjutnya, zeolit dikeringkan dengan dioven dengan suhu 120°C selama 3 jam untuk melakukan proses pengeringan dan menghilangkan kadar air yang masih tersisa di dalam zeolit.

Tahapan terakhir yakni kalsinasi pada suhu 550°C selama 4 jam. Kalsinasi dapat berfungsi sebagai *chemical transformation* yaitu seperti mengubah bentuk awal amorf zeolit menjadi kristalin, dan sebagai *chemical decomposition* yaitu dapat membuang senyawa-senyawa tidak stabil pada suhu tinggi karbonat, hidroksit, atau senyawa organik yang tidak diperlukan dalam zeolit (Deutschmann, dkk., 2009).

Berdasarkan hasil setelah dikalsinasi didapatkan, zeolit alam mengalami perubahan warna menjadi oranye kecoklatan dari berwarna putih keabu-abuan pada saat sebelum dilakukannya kalsinasi dengan suhu 550°C selama 4 jam. Penggunaan

suhu kalsinasi 550°C didasarkan karena menurut Dyer (1988) menunjukkan bahwa zeolit mordenit kemampuan stabilitas termalnya cukup tinggi sampai suhu 800-900°C. Menurut Sundaryono dan Budiyo (2008) juga melakukan proses kalsinasi pada suhu 500°C selama 4 jam dan katalis terdistribusi merata.



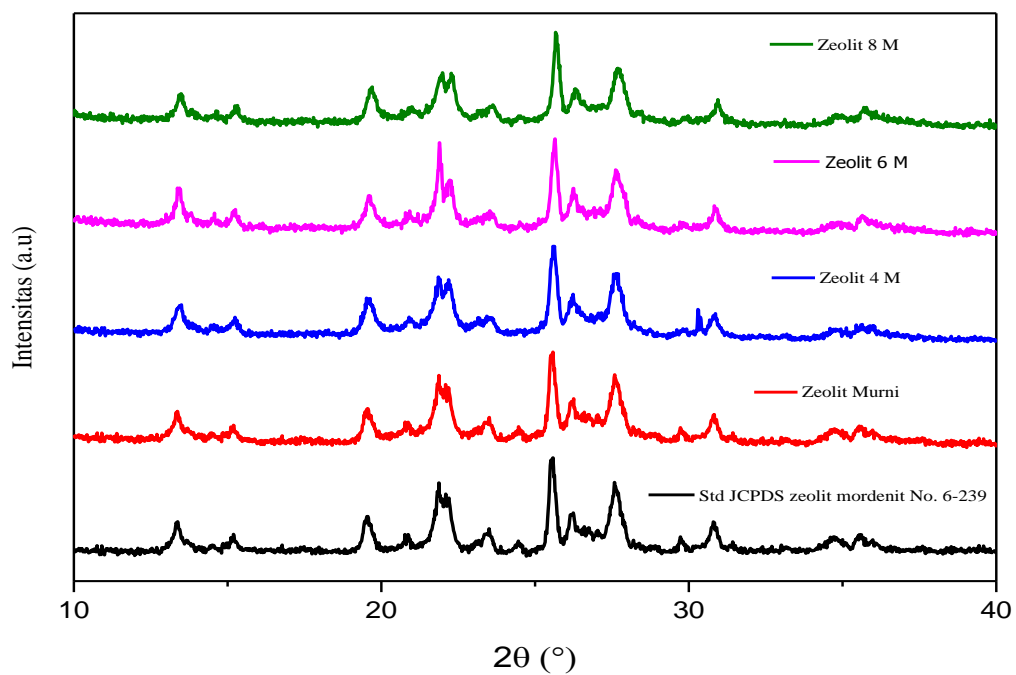
Gambar 4.2 Zeolit alam sebelum kalsinasi dan sesudah kalsinasi

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa zeolit alam Bandung sebelum dikalsinasi berwarna hijau ke abu-abuan menjadi warna orange kecoklatan setelah dilakukan kalsinasi pada suhu 550°C selama 4 jam. Pada proses kalsinasi ini bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat khusus zeolit dengan cara menghilangkan unsur-unsur pengotor (Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K dan Fe) dan menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori krsital zeolit. Berdasarkan penelitian Handhoyo (2005) menjelaskan bahwa warna kehijauan pada zeolit sebelum dilakukan preparasi dikarenakan adanya kandungan air (hidrat) yang terikat pada struktur zeolit. Setelah dikalsinasi maka kandungan air (hidrat) dihilangkan sehingga warnanya menjadi lebih kecokelatan.

4.3 Karakterisasi Zeolit

4.3.1 Karakterisasi Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi katalis dengan XRD mempunyai tujuan untuk mengetahui karakter struktur dari pola difraksi sinar-X. Hasil karakterisasi dengan XRD pola difraksi sinar-X zeolit alam dari hasil aktivasi secara kimia menggunakan variasi konsentrasi HCl dan secara fisika dengan pemanasan 550°C ditunjukkan oleh data difraktogram pada Gambar 4.3 sebagai berikut:



Gambar 4.3 Difraktogram XRD zeolit alam sebelum dan sesudah diaktivasi oleh HCl

Tabel 4.1 Puncak difraktogram zeolit murni

Zeolit Murni			Std (JCPDS No. 6-239) zeolit mordenit		
Puncak	d-spacing [Å]	I [%]	Puncak	d-spacing [Å]	I [%]
13,3511	6,63191	29,62	13,3631	6,62597	32,25
19,5015	4,55199	34,22	19,4975	4,55291	34,26
21,8414	4,06933	66,16	21,8401	4,06958	64,79
22,2117	4,00232	57,88	22,2090	4,00280	57,35
25,5015	3,49299	100,00	25,5012	3,49302	100,00
26,2010	3,40130	76,74	26,2010	3,40130	41,23
27,5999	3,23200	46,60	27,5988	3,23212	78,87
30,7903	2,90399	30,66	30,7878	2,90423	30,87

Berdasarkan Gambar 4.3 dan tabel 4.1 dapat diketahui bahwa hasil karakterisasi zeolit alam Bandung mempunyai struktur seperti mineral mordenit yang ditandai dengan adanya puncak khas pada $2\theta (^{\circ}) = 13,4; 19,5; 21,8; 22,2; 25,5; 26,2; 27,6$ dan $30,8$ (JCPDS No. 6-239) (Intrapong, dkk., 2013). Menurut Trisunaryanti (2005), zeolit alam yang ada di Indonesia sebanyak 60-70% merupakan jenis mordenit dan sisanya klinoptilolit. Mordenit merupakan salah satu jenis zeolit yang memiliki stabilitas termal yang tinggi (Rianto, dkk., 2012), hal ini dapat dilihat dari kemampuannya untuk mempertahankan strukturnya pada suhu pemanasan 550°C .

Tabel 4.2 Puncak difraktogram zeolit teraktivasi oleh variasi konsentrasi HCl

Zeolit 4 M			Zeolit 6 M			Zeolit 8 M		
Puncak	d [Å]	I [%]	Puncak	d [Å]	I [%]	Puncak	d [Å]	I [%]
13,4920	6,56297	33,02	13,4200	6,59800	38,78	13,4649	6,57610	27,28
19,5574	4,53911	38,75	19,5900	4,53164	33,16	19,6699	4,51341	36,38
21,8622	4,06552	67,08	21,8849	4,06135	93,03	21,9598	4,04767	52,38
22,2165	4,00147	57,53	22,2495	3,99561	51,40	22,3142	3,98418	50,42
25,6126	3,47808	100,00	25,6448	3,47379	100,00	25,6690	3,47057	100,00
26,1933	3,40228	42,08	26,2624	3,39349	42,94	26,3471	3,38276	37,84
27,6191	3,22979	71,10	27,6223	3,22943	64,66	27,6601	3,22510	58,67
30,8364	2,89736	23,36	30,8741	2,89631	23,41	30,9203	2,89208	24,06

zeolit yang diaktivasi dengan HCl 4 M terlihat mempunyai tingkat intensitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit sebelum diaktivasi (zeolit murni), Hal ini terjadi karena adanya proses aktivasi asam (HCl) yang menjadikan kemurnian pada zeolit bertambah dan tidak terhalang oleh pengotor-pengotor sehingga permukaan zeolit menjadi terbuka dan mengakibatkan intensitas dan kristalinitasnya tinggi.

Pola difraktogram XRD zeolit alam murni dan zeolit teraktivasi oleh HCl pada gambar 4.3 dan tabel 4.2 menunjukkan peningkatan puncak pada zeolit 6 M di $2\theta (^{\circ}) = 21,8$ yang menjadi lebih tinggi dibandingkan sebelum diaktivasi dan yang diaktivasi dengan HCl 4 M diperoleh intensitasnya sebesar 93,03%. Peningkatan intensitas ini menunjukkan terjadinya peningkatan kation relatif besar dikarenakan HCl yang bereaksi dengan zeolit sehingga menyebabkan terekstraknya Al dari zeolit. Hal ini mengakibatkan turunnya kandungan Al dalam zeolit sehingga rasio mol Si/Al naik. Menurut Lestari (2010) yang melakukan percobaan modifikasi zeolit alam Wonosari dengan perlakuan asam (HCl) mendapatkan hasil

meningkatnya rasio Si/Al pada zeolit karena HCl bereaksi dengan zeolit sehingga menyebabkan terekstraknya aluminium dari zeolit dan tidak mengubah struktur kristal pada zeolit.

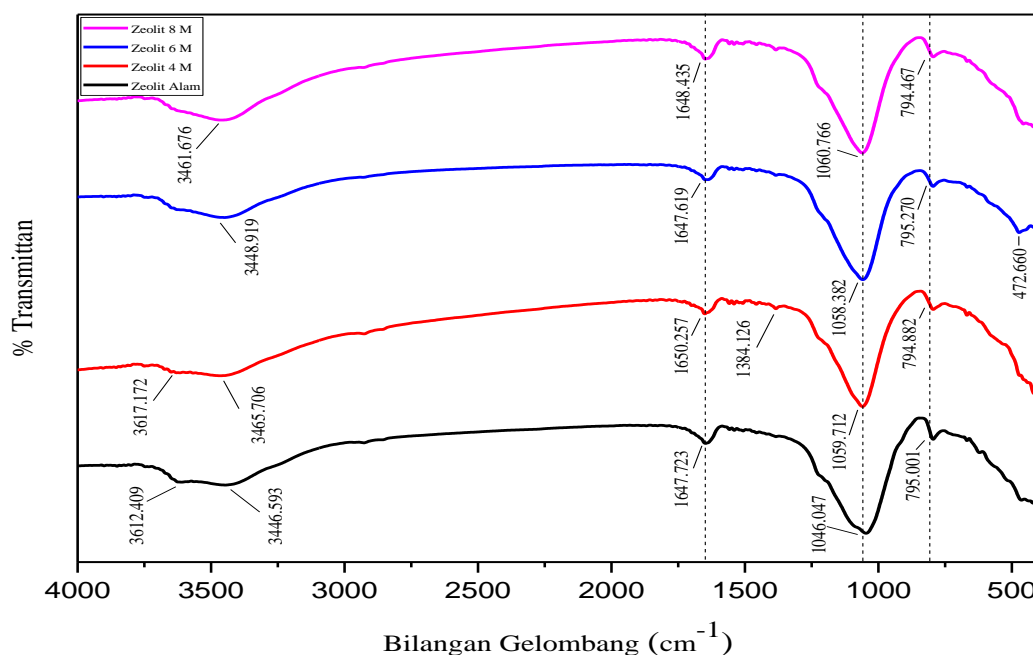
Penurunan intensitas terjadi pada pola difraktogram XRD zeolit 8 M yang menjadi lebih rendah dibandingkan dengan zeolit 6 M. Pada gambar 4.3 dan tabel 4.2 penurunan intensitas ini disebabkan oleh penambahan larutan HCl yang berlebih mengakibatkan dealuminasi (terlepasnya Al dari kerangka zeolit). apabila dengan lepasnya atom Al yang semakin banyak dari kerangka struktur zeolit menyebabkan dekristalisasi yang mengakibatkan meningkatnya struktur kristal yang tidak teratur sehingga kristalinitas menjadi berkurang.

Pola difraktogram XRD zeolit alam murni dan zeolit teraktivasi oleh HCl menunjukkan semakin bertambahnya konsentrasi HCl pada zeolit maka sifat kristalinitas zeolit meningkat dan apabila semakin bertambahnya konsentrasi HCl yang terlalu banyak atau berlebih maka sifat kristalinitas zeolit menurun, Hal ini disebabkan karena adanya proses aktivasi zeolit sehingga mengakibatkan terjadinya pemendekan jarak kisi kristal (d), dimana semakin tinggi HCl yang ditambahkan pada zeolit maka pergeseran puncaknya semakin besar (Sulton, 2018).

4.3.2 Karakterisasi Menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR)

Hasil karakterisasi zeolit teraktivasi dengan spektrofotometer FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsionalnya. Pengukuran FTIR menunjukkan adanya perubahan dalam puncak yang muncul dan terjadi pelebaran kedudukan puncak yang menandakan adanya interaksi. Dari data spektra pada Gambar 4.4

terlihat perubahan pita serapan, serta hilangnya beberapa pengotor akibat proses aktivasi.



Gambar 4.4 Spektrum IR Zeolit Murni dan Zeolit teraktivasi oleh variasi konsentrasi HCl

Analisis spektra inframerah dibagi menjadi 2 kelompok yang pertama bilangan gelombang 4000-1250 cm^{-1} yang kedua 1250-350 cm^{-1} (Geide, dkk., 2003). Gugus yang bukan merupakan identitas spesifik dari struktur zeolit diamati kelompok pertama sedangkan identitas spesifik dari struktur zeolit diamati kelompok kedua. Gugus fungsi pertama yaitu vibrasi internal yang berhubungan dengan TO_4 tetrahedral yang merupakan unit struktur utama, sedangkan gugus fungsi kedua yaitu vibrasi eksternal yang berhubungan dengan sambungan antar tetrahedral. Semua jenis zeolit dapat ditemukan pada spektra gugus fungsi pertama yang digunakan untuk menentukan vibrasi tetrahedral internal. Spektra gugus

fungsi kedua memperlihatkan struktur keseluruhan dan penggabungan masing-masing tetrahedral pada unit struktur sekunder.

Pada umumnya rentang bilangan gelombang 300-1300 cm^{-1} berbentuk ikatan tetrahedral yaitu O-Si-O dan O-Al-O. Pada pita 900-1250 cm^{-1} merupakan rentangan asimetris, rentangan simetris ditunjukkan pada pita 650-850 cm^{-1} , tekukan Si-O/Al-O (T-O) pada internal muncul pada daerah 420-500 cm^{-1} sedangkan untuk eksternal akan muncul pada 700-780 cm^{-1} (Hamdan 1992).

Hasil pengujian FTIR pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa zeolit alam mempunyai puncak serapan pada daerah bilangan gelombang 3612,6 cm^{-1} ; 3446,7 cm^{-1} , sedangkan zeolit teraktivasi oleh HCl (4, 6 dan 8 M) mempunyai puncak serapan pada daerah bilangan gelombang 3466,0 cm^{-1} ; 3448,9 cm^{-1} dan 3461,6 cm^{-1} menunjukkan bahwa vibrasi ulur O-H yang terhidrasi. Gugus O-H ini memberikan informasi bahwa ada air (hidrat) yang dimiliki oleh kristal zeolit. Pada serapan 3700-3300 cm^{-1} terjadi pengurangan intensitas akibat dari meningkatnya konsentrasi HCl yang diberikan. Pada perlakuan zeolit 4 M dan zeolit 6 M terjadi penurunan dari 3466,0 cm^{-1} menjadi 3448,9 cm^{-1} , sedangkan perlakuan zeolit 8 M terjadi peningkatan menjadi 3461,6 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 3612,6 menunjukkan bahwa perlakuan asam dapat menyebabkan hilangnya vibrasi O-H pada struktur zeolit. Serapan ini lebih mencerminkan gugus O-H yang berada di luar kerangka zeolit. Madejova (2003) menyatakan bahwa perlakuan asam akan merusak struktur gugus O-H di dalam mineral zeolit. Hilangnya serapan ini membuktikan bahwa zeolit lebih bersih dari pengotor sehingga pori-pori zeolit akan lebih terbuka.

Pada spektra IR yang dihasilkan oleh zeolit alam dan zeolit teraktivasi oleh HCl (4, 6 dan 8 M) terdapat serapan pada bilangan berkisar $1647,7\text{ cm}^{-1}$; $1650,2\text{ cm}^{-1}$; $1647,6\text{ cm}^{-1}$ dan $1648,4\text{ cm}^{-1}$. Penurunan serapan dari $1650,2\text{ cm}^{-1}$ menjadi $1647,6\text{ cm}^{-1}$ dan $1648,4\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi O-H pada molekul air. Penurunan ini memperkuat dugaan bahwa ada pengurangan intensitas molekul air di dalam zeolit, tetapi tidak menghilangkan semua molekul air di dalam zeolit. Pita serapan pada daerah sekitar $1650\text{-}1645\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi tekuk gugus O-H dari H_2O yang teradsorp.

Pada spektra IR yang dihasilkan oleh zeolit alam dan zeolit teraktivasi oleh HCl (4, 6 dan 8 M) terdapat serapan pada bilangan berkisar $1046,0\text{ cm}^{-1}$; $1059,7\text{ cm}^{-1}$; $1058,3\text{ cm}^{-1}$ dan $1060,7\text{ cm}^{-1}$ adalah serapan yang menunjukkan adanya vibrasi ulur asimetris Si-O atau Al-O pada TO_4 (T=Si atau Al). Serapan ulur asimetris Si-O atau Al-O pada TO_4 (T=Si atau Al) dari $1058,3$ mengalami kenaikan menjadi $1060,7\text{ cm}^{-1}$ akibat dari penambahan konsentrasi asam (HCl) yang terlalu tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi pengurangan Al-O pada kerangka zeolit. Ikatan Si-O lebih kuat dibandingkan dengan ikatan Al-O sehingga bilangan gelombang yang dibutuhkan untuk vibrasi lebih besar. Peningkatan intensitas tersebut membuat zeolit teraktivasi menjadi lebih bersih sehingga pori-pori menjadi lebih terbuka. Araujo, dkk (2013) mengemukakan bahwa serapan ini berkaitan dengan ikatan internal dari struktur yang berhubungan dengan TO_4 tetrahedral pada kisi zeolit (T=Si atau Al) yang merupakan unit struktur yang utama. Pada spektra yang dimaksud berada pada $950\text{-}1250\text{ cm}^{-1}$.

Puncak $795,0\text{ cm}^{-1}$ (zeolit mrni) dan zeolit teraktivasi oleh HCl (4, 6 dan 8 M) terdapat serapan pada bilangan berkisar $794,8\text{ cm}^{-1}$; $795,2\text{ cm}^{-1}$ dan $794,4\text{ cm}^{-1}$

pada Gambar 4.4 menunjukkan vibrasi ulur simetris eksternal O-Ti-O (T=Si dan Al) yang merupakan interpretasi dari serapan ikatan pada unit struktur utama zeolit yang berbentuk simetris, vibrasi tekuk Si-O ini termasuk ikatan eksternal dari kerangka zeolit (Araujo, dkk., 2013).

Serapan vibrasi tekuk T-O berada pada kisaran $420\text{--}500\text{ cm}^{-1}$. Puncak $472,5\text{ cm}^{-1}$ pada Gambar 4.4 menunjukkan adanya vibrasi tekuk ikatan T-O (T=Si atau Al). Puncak ini merupakan interpretasi dari ikatan internal pada kerangka zeolit. Sene, dkk. (2017) mengemukakan bahwa serapan ini berkaitan dengan ikatan internal dari struktur tetrahedral TO_4 pada kisi zeolit (T= Si atau Al).

Vibrasi internal dan eksternal, maupun vibrasi yang dihasilkan pada senyawa yang ada dalam zeolit sebagai berikut:

Tabel 4.3 Spektra IR dari zeolit alam dan zeolit teraktivasi

Bilangan Gelombang (cm^{-1})					
Zeolit alam (cm^{-1})	Zeolit teraktivasi			Referensi (cm^{-1}) (Pardoyo, dkk 2015)	Jenis Vibrasi
	Zeolit 4 M (cm^{-1})	Zeolit 6 M (cm^{-1})	Zeolit 8 M (cm^{-1})		
		472,5		600-400	Vibrasi tekuk T-O
795	794,8	795,2	794,4	820-650	Vibrasi ulur simetri
1046,0	1059,7	1058,3	1060,7	1250-950	OSiO/OAlO
					Vibrasi ulur asimetrik
1647,7	1650,2	1647,6	1648,4	1650-1645	TO_4 (T=Si atau Al)
					Vibrasi ulur Si-OH
3612,6 dan 3446,7	3466	3448,9	3461,6	3600-3200	Vibrasi ulur OH

4.4 Preparasi Sampel Methyl Orange

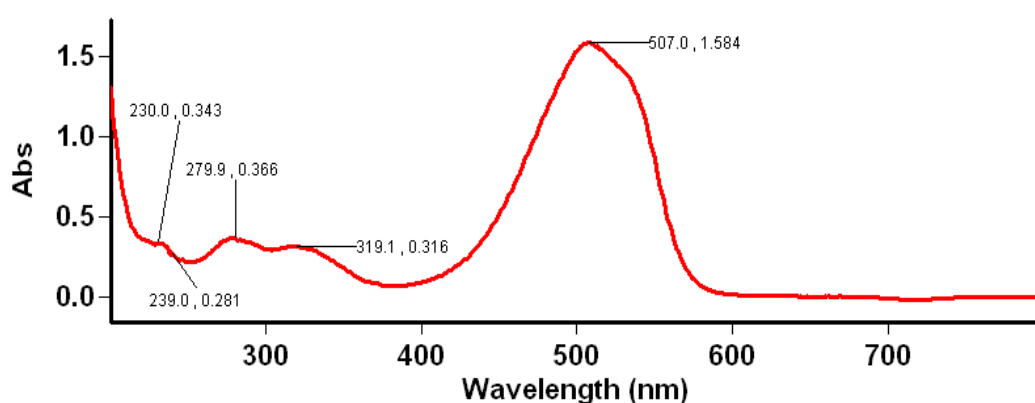
Preparasi sampel *Methyl Orange* (MO) dimulai dengan membuat larutan induk. Larutan induk disimpan di dalam botol kaca yang gelap dan dijaga agar tidak

terkena sinar matahari secara langsung. Penyimpanan ini bertujuan untuk menjaga kestabilan konsentrasi larutan induk *Methyl Orange* meskipun pada dasarnya senyawa ini stabil karena terbentuk dari gugus azo ($-N=N-$) dan turunannya yang merupakan gugus benzena. Gugus benzena bersifat stabil dan sulit didegradasi.

4.5 Pembuatan Kurva Standar

4.5.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum bertujuan untuk mengetahui pada panjang gelombang berapa sampel dapat terserap secara optimum. Penentuan panjang gelombang Maksimum dilakukan dengan Spektrofotometer UV-Vis pada larutan *Methyl Orange* 10 ppm. Pengukuran panjang gelombang Maksimum *Methyl Orange* pada rentang daerah tampak 400-750 nm. Pada panjang gelombang Maksimum ini absorbansi senyawa *Methyl Orange* terbaca secara optimum seperti pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Panjang gelombang Methyl Orange

Penentuan hasil pengukuran *Methyl Orange* panjang gelombang maksimum diperoleh 507,0 nm, meskipun terlihat ada panjang gelombang lain yang terbaca yaitu rentang daerah Ultraviolet yaitu 200-400 nm. Munculnya dua pita spektrum UV-Vis ini dikarenakan terjadinya beberapa transisi oleh molekul dengan struktur yang lebih kompleks, sehingga mempunyai lebih dari satu panjang gelombang maksimum.

Analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis didasarkan pada interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan molekul, sehingga menghasilkan transisi elektromagnetik. Energi dari transisi elektromagnetik ini yang dibaca sebagai absorbansi. Penyerapan sinar UV dan Visible pada sampel *Methyl Orange* ini terjadi kerana adanya sejumlah gugus kromofor dalam sampel yang mengandung elektron valensi dengan tingkat energi energi eksitasi yang relatif rendah. Panjang gelombang optimum yang diperoleh kemudian digunakan untuk pengukuran absorbansi baik pada pembuatan kurva baku maupun pengukuran absorbansi sampel *Methyl Orange* yang telah didegradasi dengan zeolit yang teraktivasi oleh variasi konsentrasi HCl.

Penentuan konsentrasi *Methyl Orange* (MO) pada tahap degradasi variasi pH *Methyl Orange* diukur pada panjang gelombang dengan kurva baku MO pada panjang gelombang optimum yakni 507,0 nm pada pH 3. *Methyl Orange* pada pH yang berbeda menunjukkan pergeseran panjang gelombang. Panjang gelombang optimum variasi pH sampel *Methyl Orange* dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Panjang gelombang maksimum Methyl Orange

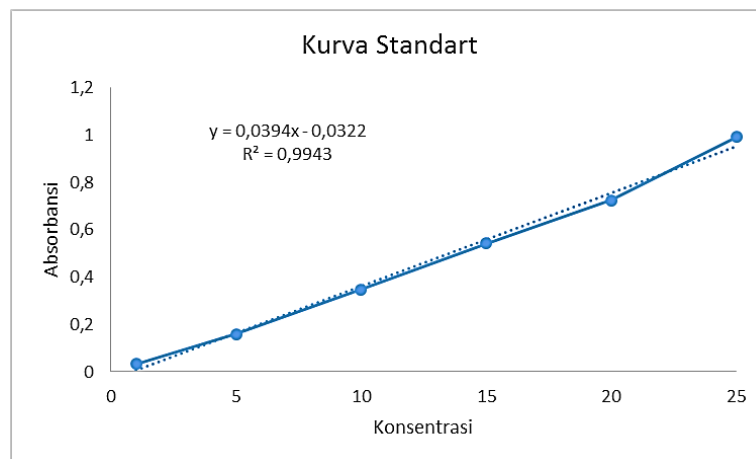
pH	Panjang gelombang maksimum (nm)	Absorbansi
3	507,0	1,584
5	471,0	1,561
7	462,9	0,910

Berdasarkan pada variasi pH sampel *Methyl Orange* diperoleh panjang gelombang maksimum yang berbeda-beda di setiap pH. *Methyl Orange* pada keadaan asam (pH 3-5) cenderung memiliki warna kemerahan dan kejinggaan. Panjang gelombang yang lebih besar yaitu berkisar pada 507,0 nm dengan nilai absorbansi sebesar 1,584, sedangkan pada keadaan netral (pH 7) bewarna kuning keoranyean dan panjang gelombang lebih pendek yaitu berkisar 462,9 nm dengan nilai absorbansi sebesar 0,910.

Terjadinya pergeseran panjang gelombang ini dipengaruhi oleh adanya perpanjangan konjugasi dari sampel. Pada suasana asam terjadi penambahan ion H^+ pada struktur *Methyl Orange* yang menyebabkan semakin banyaknya ikatan rangkap terkonjugasi. Semakin banyak ikatan rangkap terkonjugasi pada *Methyl Orange* akan menyebabkan terjadinya pergeseran panjang gelombang yang lebih panjang yang disebut dengan pergeseran batokromik atau pergeseran merah (*red shift*) (Fessenden dan Fessenden, 1986).

4.5.2 Pembuatan Kurva Standar

Kurva standar larutan *Methyl Orange* dibuat dari enam variasi konsentrasi larutan MO, yaitu 1; 5; 10; 15; 20 dan 25 ppm. Masing-masing larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang optimum, yaitu 507,0 nm dan didapatkan hasil seperti pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Kurva Standar Methyl Orange

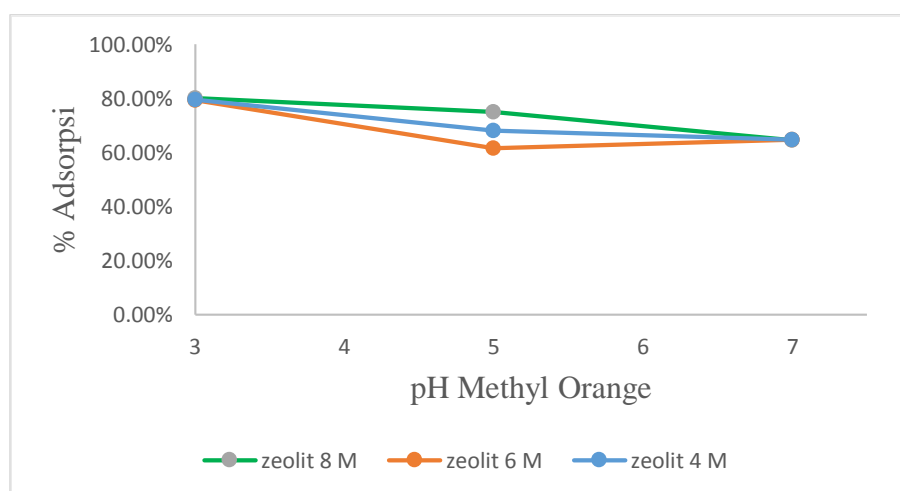
Berdasarkan Gambar 4.6 diperoleh persamaan linier dari kurva baku yang selanjutnya digunakan untuk menentukan konsentrasi *Methyl Orange* setelah degradasi dengan zeolit teraktivasi. Persamaan linier kurva baku tersebut adalah $y = 0,0394x - 0,0322$, dengan nilai korelasi (R^2) sebesar 0,9943. Y adalah nilai absorbansi dan x adalah konsentrasi *Methyl Orange* dalam ppm. Persamaan tersebut memiliki kemiringan (slope) sebesar 0,0394 dan potongan (*intersep*) sebesar - 0,0322. Taraf kepercayaan atau koefisien regresi menunjukkan linieritas sebesar 0,9943, sehingga dapat dikatakan linier dan sesuai dengan hukum Lambert Beer ($R^2=1$).

4.6 Penentuan pH Optimum Methyl Orange

Tingkat keasaman atau pH merupakan salah satu parameter yang penting dalam analisis zat warna. Perubahan pH dapat mempengaruhi sifat kimia dan permukaan dari adsorben, kelarutan adsorbat, serta kompetisi ion dalam proses penyerapan (Wang, dkk., 2015). pH juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi terhadap zat warna *Methyl Orange*, karena setiap

zat warna memiliki batasan pH optimum di mana pada pH tersebut akan memiliki aktivitas yang optimum pula.

Adsorpsi sampel *Methyl Orange* dengan variasi pH dilakukan untuk mengetahui zeolit teraktivasi dapat bekerja efektif pada sampel yang memiliki pH asam atau netral. Sampel *Methyl Orange* dikondisikan menjadi pH 3, 5 dan 7 dengan penambahan HCl 0,1 N dan ditambahkan 30 mg zeolit yang teraktivasi HCl (4, 6 dan 8 M). Selanjutnya dilakukan pengocokan menggunakan *shaker* dan kemudian disaring. Pada pengukuran absorbansi larutan *Methyl Orange* tersebut menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang optimum yaitu 507,0 nm. Dari pengukuran tersebut akan diperoleh data absorbansi larutan *Methyl Orange* yang kemudian digunakan untuk menentukan konsentrasi sisa serta persen adsorpsi larutan *Methyl Orange*. Adapun persentase penurunan konsentrasi *Methyl Orange* pada variasi pH memberikan hasil yang berbeda pula dapat dilihat pada Gambar 4.7

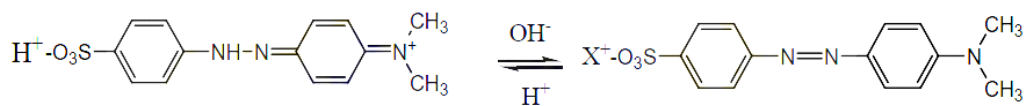


Gambar 4.7 Pengaruh pH terhadap penurunan konsentrasi Methyl Orange pada variasi pH

Dapat diketahui bahwa persentase adsorpsi menggunakan variasi konsentrasi dengan HCl pada zeolit teraktivasi HCl 4 M untuk pH 3; 5 dan 7 adalah 79,52%, 68,14% dan 64,72%. Selanjutnya pada zeolit 6 M mengalami penurunan persentase adsorpsinya untuk pH 3; 5 dan 7 menjadi 79,28%, 61,53% dan 64,65% dan mengalami peningkatan persentase adsorpsi yang terjadi pada zeolit 8 M untuk pH 3; 5 dan 7 menjadi 80,01%, 74,98% dan 64,61%. Keadaan optimum di tunjukkan pada adsorpsi larutan *Methyl Orange* pH 3 dengan persentase adsorpsi sebanyak 80,01%. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa larutan *methyl orange* pada suasana asam akan lebih mudah mengalami adsorpsi dengan menggunakan zeolit teraktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa ketika pH semakin asam akan menunjukkan aktivitas adsorpsi yang tinggi karena akan terjadi gaya tarik menarik antara *methyl orange* yang bermuatan positif dengan zeolit yang bermuatan negatif. Kondisi pH larutan mengakibatkan perubahan distribusi muatan pada adsorben dan zat warna dikarenakan terjadinya reaksi protonasi dan deprotonasi pada gugus-gugus fungsional (Nurhasni, dkk). Adsorpsi *methyl orange* optimum terjadi pada pH 3 dimana terjadinya kesetimbangan antara zat warna dengan ion hidroksil di dalam larutan, sehingga zat warna mampu menangkap ion hidroksil yang ditambahkan dan larutan zat warna akan mengalami kenaikan kapasitas adsorpsi lebih tinggi. Larutan *Methyl Orange* pada suasana asam akan lebih mudah mengalami degradasi dengan menggunakan zeolit teraktivasi dengan HCl. Pada keadaan asam ion H^+ akan melakukan protonasi pada ikatan rangkap N yang ada pada struktur *Methyl Orange*, kemudian akan terjadi resonansi yang mengakibatkan *Methyl Orange* bermuatan positif (Fessenden 1986). Muatan positif pada *Methyl Orange* mengakibatkan zeolit yang mempunyai muatan permukaan negatif akan

lebih mudah untuk mengadsorpsi *Methyl Orange* pada keadaan asam. Hal ini disebabkan antara adsorben dan adsorbat zat warna pada permukaan yang terjadi karena adanya ikatan Van der Waals. Ikatan Van der Waals didefinisikan sebagai gaya tarik menarik antar molekul akibat tarikan dipol-dipol (Castellan 1983).

Struktur *Methyl Orange* pada keadaan asam ($\text{pH} \leq 3,1$) dan pada keadaan basa ($\text{pH} \geq 4,4$) dapat dilihat pada Gambar sebagai berikut:



Gambar 4.8 Struktur Methyl Orange pada keadaan asam ($\text{pH} \leq 3,1$) dan pada keadaan basa ($\text{pH} \geq 4,4$)

4.7 Hasil Penelitian Ditinjau dari Perspektif Islam

Manusia sebagai makhluk hidup akan selalu berusaha untuk memenuhi berbagai kebutuhannya. Oleh karena itu selama manusia hidup, ia tidak akan terlepas dari alam. Karena pada dasarnya berbagai macam ciptaan Allah yang terdapat di alam dapat memenuhi segala kebutuhan manusia dari zaman dahulu hingga seterusnya. Allah telah menjelaskan dalam surat Ar-Rahmaan ayat 10 yang berbunyi:

وَالْأَرْضَ وَضَعَهَا لِلْأَنَامِ

Artinya: " dan Allah telah meratakan bumi untuk makhluk(Nya) "

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah telah menghamparkan bumi untuk menjadi tempat berdiam semua makhluk yang bernyawa, sehingga segala sesuatu

yang terdapat dipermukaan bumi ataupun yang tersimpan dalam perut bumi saat digunakan untuk keperluan hidupnya (Shiddieqy, 2000). Berdasarkan tafsir tersebut maka surat Ar-Rahmaan ayat 10 dapat dijadikan pondasi berfikir bagi manusia bahwa berbagai ciptaan Allah yang terhampar di alam dapat memenuhi segala kebutuhan hidupnya. Salah satunya ciptaan Allah yang terdapat di alam adalah zeolit. Zeolit adalah mineral yang terbentuk dari abu gunung berapi dan garam laut selama jutaan tahun dan terdapat dalam jumlah berlimpah ruah dan hampir semua belahan bumi ada termasuk di Indonesia.

Zeolit dialam ditemukan dalam jumlah yang berlimpah ruah namun belum dimanfaatkan secara maksimal. Padahal semua yang ada di bumi pastinya memiliki berbagai manfaat sehingga dapat digunakan untuk memenuhi semua kebutuhan manusia. Hal ini juga ditekankan dalam surat Al-Ahqaaf ayat 3 yang berbunyi:

مَا خَلَقْنَا السَّمُوتِ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا إِلَّا بِالْحَقِّ وَأَجَلٍ مُّسَمًّى ۚ وَالَّذِينَ كَفَرُوا عَمَّا
أُنذِرُوا مُّعْرِضُونَ

Artinya: Kami tiada menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya melainkan dengan (tujuan) yang benar dan dalam waktu yang ditentukan. Dan orang-orang yang kafir berpaling dari apa yang diperingatkan kepada mereka.

Allah menciptakan langit dan bumi ini dengan cara yang adil dan penuh hikmah, serta dengan maksud yang benar. Alam semesta yang sangat luas ini tidak mungkin diciptakan dengan sia-sia (Shiddieqy, 2000). Melalui ayat ini semakin jelas bahwa segala ciptaan Allah memiliki manfaat, sehingga sudah menjadi tugas manusia untuk selalu berfikir dan mengeksplorasi segala ciptaan Allah SWT.

Penelitian ini merupakan bagian dari usaha untuk memanfaatkan zeolit alam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa zeolit alam mampu mengadsorpsi zat warna *Methyl Orange*, sehingga dalam penelitian ini dapat diperoleh bahwa segala ciptaan Allah terutama zeolit alam memiliki manfaat untuk kebutuhan hidup manusia. Hal ini berhubungan dengan manusia yang seharusnya memiliki pemikiran dan pemahaman tentang zeolit alam sehingga dapat memberikan dampak yang positif agar bisa dimanfaatkan sebagai kebutuhan hidup manusianya dan Allah menegaskan pada manusia untuk selalu berfikir atas segala ciptaan-Nya dalam surat Al-Jaatsiyah ayat 13 yang berbunyi:

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمُوتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ
يَتَفَكَّرُونَ

Artinya: Dan Dia telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir.

Allah yang menundukkan segala yang ada di langit dan di bumi untuk kemaslahatan manusia. Manusia yang diberikan kekuatan, akal dan pikiran oleh Allah seharusnya bisa memanfaatkan alam untuk mencapai tujuan-tujuannya (Shiddieqy, 2000). Zeolit alam yang teraktivasi oleh variasi konsentrasi HCl untuk mengadsorpsi zat warna *Methyl Orange* memberikan hasil adsorpsi yang lebih optimum. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas zeolit alam sebagai adsorben berhasil. Hasil ini adalah mengisyaratkan bahwa dengan usaha dan berfikir manusia yang telah dilakukan maka semakin nampak tanda-tanda kebesaran dan keEsaan

Allah SWT. Melalui kesadaran itulah yang dapat membuat manusia mengucapkan kata-kata tasbih untuk menyucikan Allah.

Demikian sebuah ilmu tidak hanya dapat menjelaskan suatu fenomena alam, namun juga dapat mempertebal iman dan taqwa manusia kepada Allah. Karena dengan ilmu tersebut menghantarkan manusia untuk selalu mengingat kesabaran Allah dan mengikhlaskan beribadah hanya kepada-Nya

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan zeolit alam tidak mengalami perubahan struktur akibat aktivasi menggunakan HCl meskipun terdealuminasi. Berdasarkan karakterisasi FTIR hasil aktivasi menggunakan HCl menunjukkan puncak yang muncul merupakan gugus fungsi dari kerangka zeolit.
2. Hasil dari konsentrasi optimum HCl pada aktivasi zeolit untuk mengadsorpsi sampel *methyl orange* dengan konsentrasi optimum HCl pada zeolit 8 M dengan pH 3 yakni 80,1 %.

5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai penggunaan zeolit alam yang divariasikan dengan pelarut basa sehingga lebih mengetahui tentang kinerja zeolit alam saat dibandingkan dengan pelarut asam.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai uji aktivitas tentang waktu optimal pada saat sebelum dan sesudah diadsorpsi dengan zeolit supaya bisa mengetahui tentang kinerja pada saat proses adsorpsinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.W. 1990. *Physical Chemistry of Surface*. California: John Wiley & Sons, Inc.
- Amelia, Hermawati, L., dan Ismaryata. 2003. Kegunaan Zeolit Termodifikasi Sebagai Penyerap Anion. Laporan Penelitian. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Anggara, P. A. dkk., 2013. Optimalisasi Zeolit Alam Wonosari Dengan Proses Aktivasi Secara Fisis Dan Kimia. *Indonesian Journal Of Chemical Science* 2 (1) Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Augustine, R.L. 1996. *Heterogeneous Catalysis for the Synthetic Chemist*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Aurelia, I. 2005. Studi Modifikasi Glassy Carbon dengan Teknik Elektrodeposisi Iridium Oksida untuk Aplikasi sebagai Elektroda Sensor Arsen (III). Skripsi. Jakarta: Departemen Kimia FMIPA UI.
- Banon, C. dan Suharto. 2008. Adsorpsi Amoniak oleh Adsorben Zeolit Alam yang Diaktivasi dengan Larutan Amonium Nitrat. *Jurnal Gradien*, 4: 354-360.
- Barrer Richard Malling. *Zeolites and Clay Minerals as Sorbents and Molecular Sieves*. New York: Academic Press London, 1987.
- Clark, 1979. *Industrial Mineral: Zeolite The Hydrothermal Deposit*. New York: Pergamon.
- Departemen Agama RI. 2010. *Al-Qur'an dan Tafsirnya (Edisi yang disempurnakan)*. Jakarta: Lentera Abadi.
- Deutschmann, O., Knozinger, H., Kochloefl, K., and Turek, T. 2009. *Heterogeneous Catalysis and Solid Catalysts*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Dyer, A. 1988. *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves*. New York: Wiley and Sons.
- Ertan, A., and Ozkan, 2005. CO₂ and NO₂ Adsorption On The Acid (HCl, HNO₃, H₂SO₄, and HPO₄) Treated Zeolites. *Adsorption*. Vol 11, 151- 156.
- Ewing, G. W. 1985. *Instrumental Methods of Chemical Analysis*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Fadjri, M. S. 2012. Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Pasir

Vulkanik Gunung Merapi. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

- Fansuri, H. 2010. Modul Pelatihan Operasional XRF. Surabaya: Laboratorium Energi dan Rekayasa. LPPM ITS.
- Fessenden, J. R. dan Fessenden, J. S., 1986, *Kimia Organik* (diterjemahkan oleh A.H. Pudjaatmaka), Edisi Ketiga, Jilid II, Jakarta: Erlangga, hal. 441-451.
- Gao, J. F., Y. He, X. Luo, G. X. Wu, S. Y. Wang, dan Y. Z Peng. 2013. Application Of Soybean Residue (Okara) As A Low-Cost Adsorbent for Reactive Dye Removal from Aqueous Solution.
- Giyatmi, dkk. 2008. Penurunan Kadar Cu, Cr, dan Ag dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi dengan Tanah Liat dari Daerah Godean. Yogyakarta.
- Goldberg A.B., Deitel, H.M. dan Deitel, P.J. 2004. *Internet & World Wide Web How to Program*. Third Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Hamdan, H. 1992. *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modifications*. Malaysia: universitas Teknologi Malaysia
- Hayati, E.K. 2007. *Buku Ajar Dasar-dasar Analisa Spektroskopi*. Malang: UIN-Press.
- Hendrawan, A. 2010 Adsorpsi Unsur Pengotor Larutan Natrium Silikat Menggunakan Zeolit Alam Karangnunggal. Skripsi. Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Heraldry, E., Hisyam, S. W. & Sulistyono. (2013). Karakterisasi dan Aktivasi Zeolit Alam Ponorogo. *Indo J. Chem*, 3(2): 91-97.
- Intrapong, P., Iangthanarat, S., Luengnaruemitcha, A dan Jai, S. (2013). Activity and Basic Properties of KOH/mordenite for Transesterification of Palm Oil. *Journal of Energy Chemistry*, 22: 690-700.
- Jailson A. Araújo, Fernanda T. Cruz, Ivana H. Cruz, Dilson Cardoso, Encapsulation of polymers in CTAMCM-41 via microemulsion, Microporous and Mesoporous Materials, 180, (2013) 14-21.
- Jenkin, R. 1988. X-Ray Fluorescence Spectrometry. Toronto: John Wiley & Sons.
- Jozefaciuk, G. and Bowanko, G., (2002), Effect of Acid and Alkali Treatments on Surface Areas and Adsorption Energies of Selected Minerals, *Journal Clays and Clay Minerals*, 50(6), pp. 771-783.

- Khairinal dan Trisunaryanti, W. 2000. Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari Dengan Perlakuan Asam Dan Proses Hidrothermal. Yogyakarta: UGM.
- Komala; Puti Sri, Ananthi, N., Effendi, A. J., Wenten dan Wisjnuapto. 2008. Pengaruh Variasi Waktu Retensi Hidrolis Reaktor Anoksik terhadap Biodegradasi Zat Warna Azo Reaktif Menggunakan Bioreaktor Membran Aerob-Anoksik. *Jurnal Penelitian*. Bandung: ITB. Volume 4 No. 4, Desember 2008.
- Kuo, W.G. 1992. Decolorising dye with Fenton's reagent. *Wat. Res.*, 26 (6), 881-886.
- Kusuma, R.I, J. P. Hadinoto, A. Ayucitra, F.E. Soetaredjo, and S. Ismadji. 2013. Natural zeolite from Pacitan Indonesia, as catalyst support for transesterification of palm oil. Department of Chemical Engineering. Widya Mandala Surabaya Catholic University. Vol 74: 121-126.
- Larry. 1982. *Adsorption Mechanism, 3th Edition*. New York: Mc. Graw-Hill Book Company.
- Lestari, D. Y. 2010. Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010 Jurdik Kimia UNY 54th*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta: 1956-2010.
- Listiana. 2008. Pengaruh Perlakuan HCl pada kristalinitas dan kemampuan Adsorpsi Zeolit Alam Terhadap Ion Ca^{2+} . *Jurnal Penelitian*. Universitas Diponegoro.
- Madejova, J. 2003. Review: *FTIR Techniques in Clay Mineral Studies*, Vibrational Spectroscopy. 31, 1-10.
- Mahatmani, F.; Widhi dan Sumarni, Woro. 2003. Kajian Termodinamika Penyerapan Zat Warna Indikator Metil Oranye (Mo) Dalam Larutan Air Oleh Adsorben Kitosan. *Jurnal Penelitian*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Manurung, R.; Hasibuan, R. dan Irvan. 2004. Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Pasir Vulkanik Gunung Merapi. *Jurnal Penelitian*. Sumatera: Universitas Sumatera Utara.
- Nurhasni, Mar'af, R., and Hendrawati, 2018. Pemanfaatan kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) sebagai adsorben zat warna metilen biru, *J. Kimia Valensi*, 4(2), 156-167.
- Oakes, John dan Gratton, Peter. (1998). Kinetic Investigation of the oxidation of Methyl Orange and Substituted Arylazonaphthol Dyes by Peracids in

Aqueous Solution. *J.Chem.Soc.Perkin Trans.* Vol.2.

Oscik, J. 1991. *Adsorbtion, Edition Cooper*. New York: John Wiley and Sons.

Pardoyo, Listiana, Adi Darmawan. 2009. Pengaruh Perlakuan HCl pada Kristalinitas dan Kemampuan Adsorpsi Zeolit Alam terhadap ion Ca^{2+} . *Jurnal Sains dan Matematika*.

Prasetyo, A., Rini, N., Susi, N. K., dan Agie, B. 2012. Analisis Permukaan Zeolit Alam Malang yang Mengalami Modifikasi Pori dengan Uji SEM-EDS. *Saintis* Vol. 1 No. 2, ISSN: 2089-0699.

Prinata, K., Suharto, S., dan Syariffudin, A. 1985. *Prospek Pemakaian Zeolit Bayah Sebagai Penyerap NH^+ dalam Air Limbah*. Laporan Teknik Pengembangan. 69. PPTM. Bandung.

Rahmawati, Y.D., Prasetyo I., dan Rochmadi. 2010. Pengaruh Penambahan Zat Pendehidrasi terhadap Struktur Mikropori Material Karbon yang Dibuat dari Pirolisis Resin Phenol-tertbutyl Phenol-Formaldehid. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*. Yogyakarta: UGM. ISSN 1693-4393.

Rosita dkk., 2004. Pengaruh Perbedaan Metode Aktivasi Terhadap Efektiitas Zeolit Sebagai Adsorben. *Majalah Farmasi Airlangga*, vol.4 No 1, Hal.20.

Said, M., Arie W. P., dan Eldis M. 2008. Aktivasi Zeolit Alam sebagai Adsorben pada Adsorpsi Larutan Iodium. *Jurnal Teknik Kimia*, No. 4, Vol. 15.

Sene, R., Moradi, G., dan Sharifnia, S. 2017. Sono-dispersion of TiO_2 Nanoparticles Over Clinoptilolite Used in Photocatalytic Hydrogen Production: Effect of Ultrasound Irradiation During Conventional Synthesis Methods. *Ultrasonics Sonochemistry*. Hal. 490-501.

Setiadi dan Pertiwi, A. 2007. Preparasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam untuk Konversi Senyawa Abe Menjadi Hidrokarbon. *Prosiding Konggres dan Simposium Nasional Kedua*. MKICS ISSN: 0216-4183.

Shiddieqy, M.H.T. 2000. *Tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur*. Semarang.: Pustaka Riski Utama.

Shihab, M.Q. 2003. *Tafsir Al-Misbah Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.

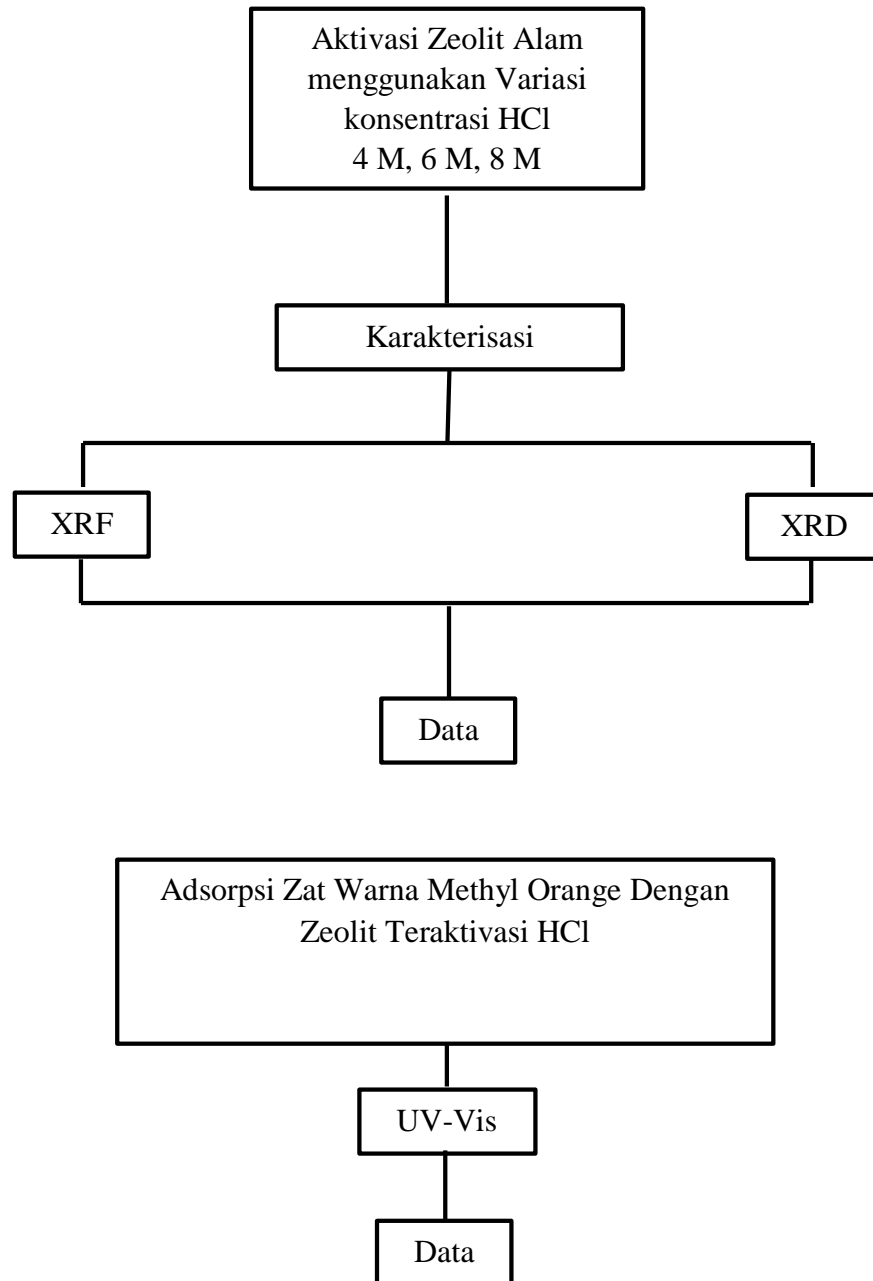
Sitepu, O.C., Ratnayani, O dan Suprihatin, I.E. 2016. Sintesis Komposit ZnO-bentonit dan Penggunaannya dalam Proses Degradasi Methyl Orange. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*. 4(2): 153-160.

- Skoog, D. A., West, D. M. 1980. *Principles of Instrumental Analysis*. 2nd Edition. New York: John Willey-VCH.
- Smallman, R.E. 2000. *Metalurgi Fisik Modern*. Edisi Keempat. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Srihapsari, D. 2006. Penggunaan Zeolit Alam yang Telah Diaktivasi dengan Larutan HCl untuk Menyerap Logam-Logam Penyebab Kesadahan Air. Skripsi. Semarang: Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Suarya, P. 2008. Adsorpsi Pengotor Minyak Daun Cengkeh Oleh Lempung Teraktivasi Asam. *Jurnal kimia* 2 (1): 19-24.
- Sugiarti dan Zaenab, A. 2008. *Pengaruh Jenis Aktivasi Terhadap Kapasitas Adsorpsi Zeolit pada Ion Kromium (VI)*. Makassar: Kimia FMIPA UNM Makasar.
- Suharto, T. E., Irfan, G., dan Agus, S. 2007. Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Bifungsional dari Zeolit Alam. *Jurnal Gradien* Vol. 3 No. 2: 267-272.
- Sutarti, M. dan M Rachmawati. 1994. Zeolit Tinjauan Literatur. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Trisunaryanti, W., Triwahyuni, E., dan Sudiono, S. 2005. Preparasi, Modifikasi dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeorlit Alam dan Mo-Ni/Zeorlit Alam. *Jurnal Teknoin*, 10: 269-282.
- Trivana, L., Sri S. Eti R. 2015. Sintesis Zeolit dan Komposit Zeolit/TiO₂ dari Kaolin serta Uji Adsorpsi-Fotodegradasi Biru Metilena. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 11(2): 147-162.
- Unstundag, Z., Kalfa, O. M., Erdogian, Y., dan Kadioglu, Y. K. 2006. Nucl. Instr and Meth. B. 251 21.
- Wang, X., Shao, D., Hou, G., and Wang, X., 2015. Uptake of Pb (II) and U (VI) ions from aqueous solutions by the ZSM-5 zeolite, *J. Molecular Liaquids*, 207, 338-342.
- Widjaja, dkk, 2013. Pembuatan Adsorben Dari Zeolit Alam Malang Untuk Pemurnian Bioetanol Menjadi *Fuel Grade Ethanol (FGE)*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Katholik Widya Mandala Surabaya.
- Widjajanti, Endang; Tutik, Regina; Utomo, Pranjoto. 2011. Pola Adsorpsi Zeolit terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga. *Jurnal Penelitian*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

- Wijaya, K., Eko S., Is F., Iqmal T., dan Rudatiningsih. 2006. Fotodegradasi Zat Warna Alizarin S Menggunakan TiO_2 -Zeolit dan Sinar UV. *Indonesian Journal Chemistry*, 6: 32-37.
- Winarno, F.G. 1992. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wirawan, Sudibyo, Setiaji, Muhammad F. 2015 “Development Of Natural Zeolites Adsorbent: Chemical Analysis And Preliminary Tpd Adsorption Study.” 3: 87-95.

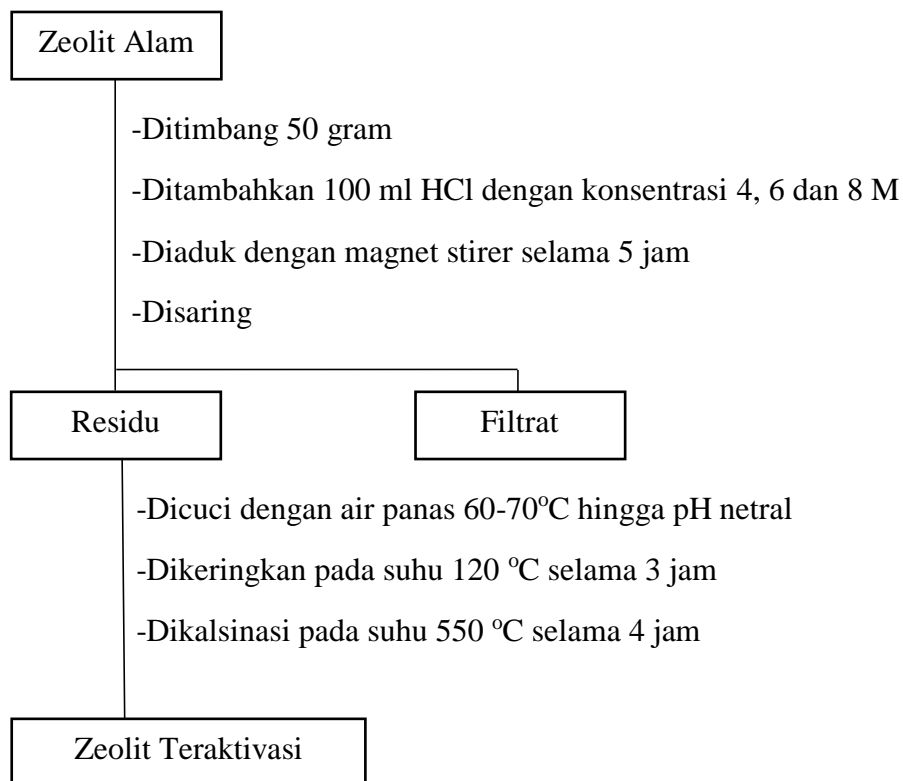
LAMPIRAN

Lampiran 1 Kerangka Penelitian

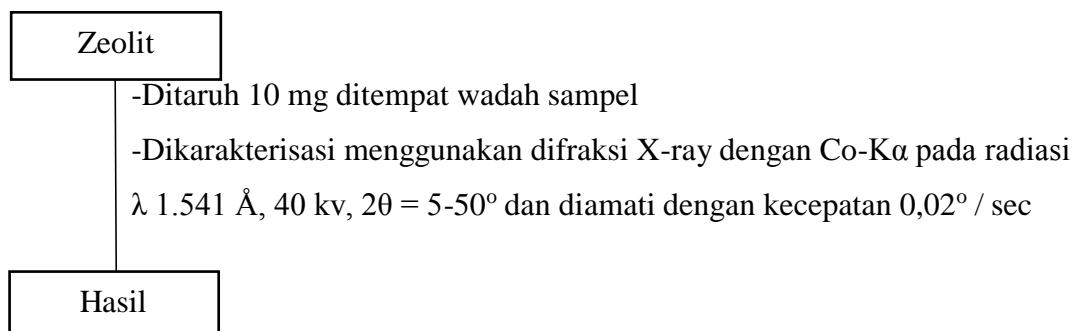


Lampiran 2 Diagram Alir

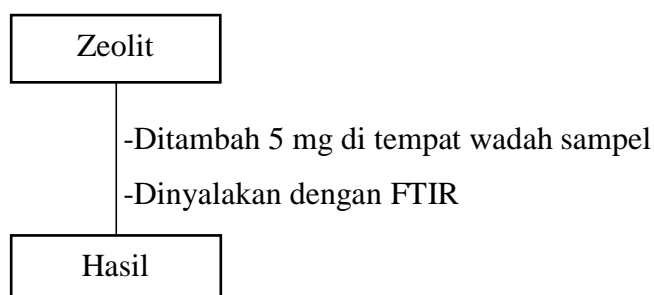
1. Aktivasi Kimia



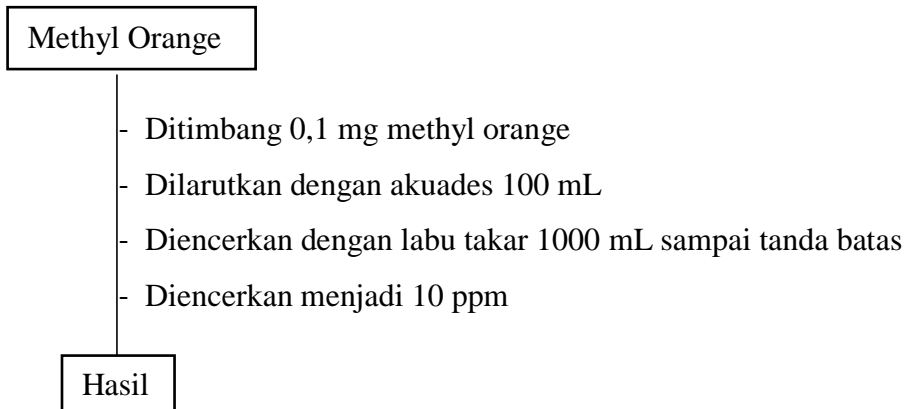
2. Karakterisasi menggunakan XRD



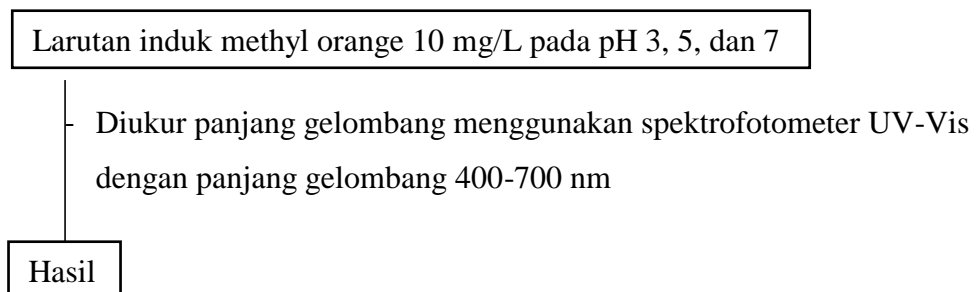
3. Karakterisasi menggunakan FTIR



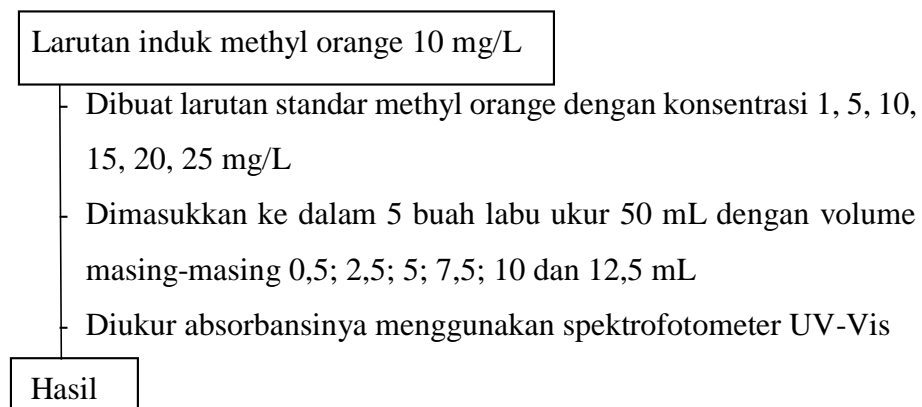
4. Pembuatan larutan induk methyl orange

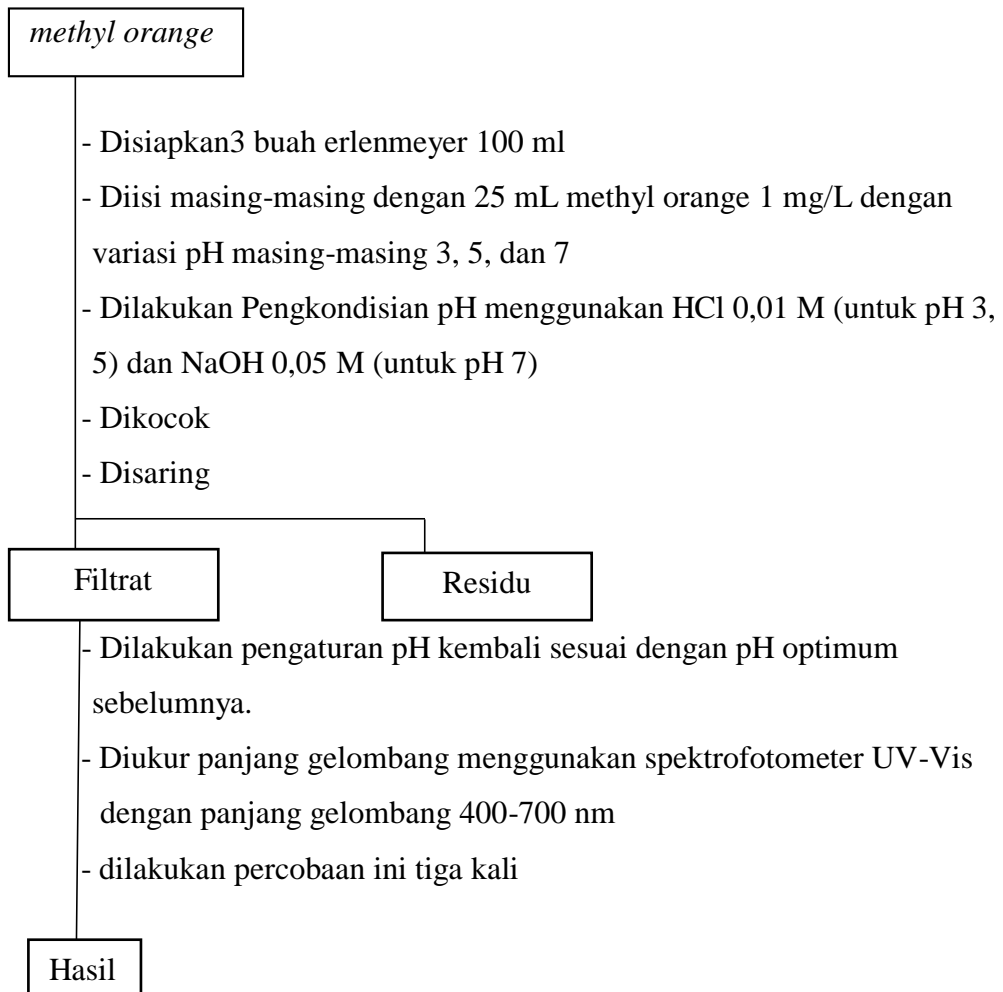


5. Penentuan panjang gelombang maksimum



6. Pembuatan larutan dan kurva standar methyl orange



7. Penentuan pH *methyl orange*

Lampiran 3 Perhitungan

1 Pembuatan larutan HCl 4 M

$$\text{BJ HCl pekat} = 1,267 \text{ g/mL}$$

$$\text{Konsentrasi} = 37 \% = \frac{37 \text{ g HCl}}{100 \text{ g larutan}}$$

$$\text{BM HCl} = 36,5 \text{ g/mol}$$

$$n = 1 \text{ (jumlah mol ion H}^+\text{)}$$

$$\text{mol} = \frac{g \text{ HCl}}{Mr \text{ HCl}} = \frac{37 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} = 1,014 \text{ mol}$$

$$100 \text{ gram larutan} = \frac{100 \text{ g}}{1,267 \text{ g/mL}} = 78,9 \text{ mL} = 0,0789 \text{ L}$$

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{mol}}{L} = \frac{1,014 \text{ mol}}{0,0789 \text{ L}} = 12,85 \text{ M}$$

$$\text{Normalitas} = n \times \text{Molaritas}$$

$$= 1 \times 12,85 \text{ M} = 12,85 \text{ N}$$

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12,85 \text{ M} \cdot V_1 = 4 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 31,12 \text{ mL}$$

2 Pembuatan larutan HCl 6 M

$$\text{BJ HCl pekat} = 1,267 \text{ g/mL}$$

$$\text{Konsentrasi} = 37 \% = \frac{37 \text{ g HCl}}{100 \text{ g larutan}}$$

$$\text{BM HCl} = 36,5 \text{ g/mol}$$

$$n = 1 \text{ (jumlah mol ion H}^+\text{)}$$

$$\text{mol} = \frac{g \text{ HCl}}{Mr \text{ HCl}} = \frac{37 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} = 1,014 \text{ mol}$$

$$100 \text{ gram larutan} = \frac{100 \text{ g}}{1,267 \text{ g/mL}} = 78,9 \text{ mL} = 0,0789 \text{ L}$$

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{mol}}{L} = \frac{1,014 \text{ mol}}{0,0789 \text{ L}} = 12,85 \text{ M}$$

$$\text{Normalitas} = n \times \text{Molaritas}$$

$$= 1 \times 12,85 \text{ M} = 12,85 \text{ N}$$

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12,85 \text{ M} \cdot V_1 = 6 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 46,7 \text{ mL}$$

3 Pembuatan larutan HCl 8 M

$$\text{BJ HCl pekat} = 1,267 \text{ g/mL}$$

$$\text{Konsentrasi} = 37 \% = \frac{37 \text{ g HCl}}{100 \text{ g larutan}}$$

$$\text{BM HCl} = 36,5 \text{ g/mol}$$

$$n = 1 \text{ (jumlah mol ion H}^+\text{)}$$

$$\text{mol} = \frac{g \text{ HCl}}{Mr \text{ HCl}} = \frac{37 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} = 1,014 \text{ mol}$$

$$100 \text{ gram larutan} = \frac{100 \text{ g}}{1,267 \text{ g/mL}} = 78,9 \text{ mL} = 0,0789 \text{ L}$$

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{mol}}{L} = \frac{1,014 \text{ mol}}{0,0789 \text{ L}} = 12,85 \text{ M}$$

$$\text{Normalitas} = n \times \text{Molaritas}$$

$$= 1 \times 12,85 \text{ M} = 12,85 \text{ N}$$

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12,85 \text{ M} \cdot V_1 = 8 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 62,25 \text{ mL}$$

Adapun prosedur pembuatannya adalah diambil larutan HCl pekat 37% sebanyak 31,12 mL; 46,7 mL; dan 62,25 mL. Kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang berisi 15 mL aquades. Selanjutnya ditambahkan aquades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen.

4. Pembuatan larutan standar Methyl orange

➤ 1 mg/L

$$V_1 \times X_1 = V_2 \times X_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ mg/L} = 50 \text{ mL} \times 1 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = \frac{50}{100} \times 100$$

$$= 0,5 \text{ mL}$$

➤ 5 mg/L

$$V_1 \times X_1 = V_2 \times X_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ mg/L} = 50 \text{ mL} \times 5 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = \frac{250}{100} \times 100$$

$$= 2,5 \text{ mL}$$

➤ 10 mg/L

$$\begin{aligned}
 V1 \times X1 &= V2 \times X2 \\
 V1 \times 100 \text{ mg/L} &= 50 \text{ mL} \times 10 \text{ mg/L} \\
 V1 &= \frac{500}{100} \times 100 \\
 &= 5 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

➤ 15 mg/L

$$\begin{aligned}
 V1 \times X1 &= V2 \times X2 \\
 V1 \times 100 \text{ mg/L} &= 50 \text{ mL} \times 15 \text{ mg/L} \\
 V1 &= \frac{750}{100} \times 100 \\
 &= 7,5 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

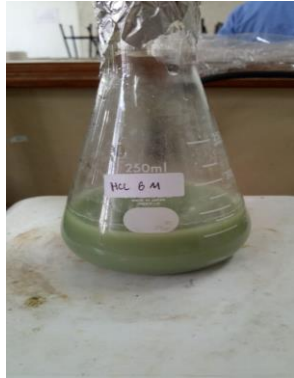
➤ 20 mg/L

$$\begin{aligned}
 V1 \times X1 &= V2 \times X2 \\
 V1 \times 100 \text{ mg/L} &= 50 \text{ mL} \times 20 \text{ mg/L} \\
 V1 &= \frac{1000}{100} \times 100 \\
 &= 10 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

➤ 25 mg/L

$$\begin{aligned}
 V1 \times X1 &= V2 \times X2 \\
 V1 \times 100 \text{ mg/L} &= 50 \text{ mL} \times 25 \text{ mg/L} \\
 V1 &= \frac{1250}{100} \times 100 \\
 &= 12,5 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

Lampiran 4 Dokumentasi Gambar



Proses pencampuran zeolit dengan
HCl



Pencucian dengan akuades hingga pH
netral



Sesudah dioven



Sesudah dikalsinasi



Penentuan sampel MO pada panjang
gelombang



Pengocokan sampel MO dengan zeolit
teraktivasi



Memisahkan zeolit dari larutan MO



Pentuan pengaruh pH

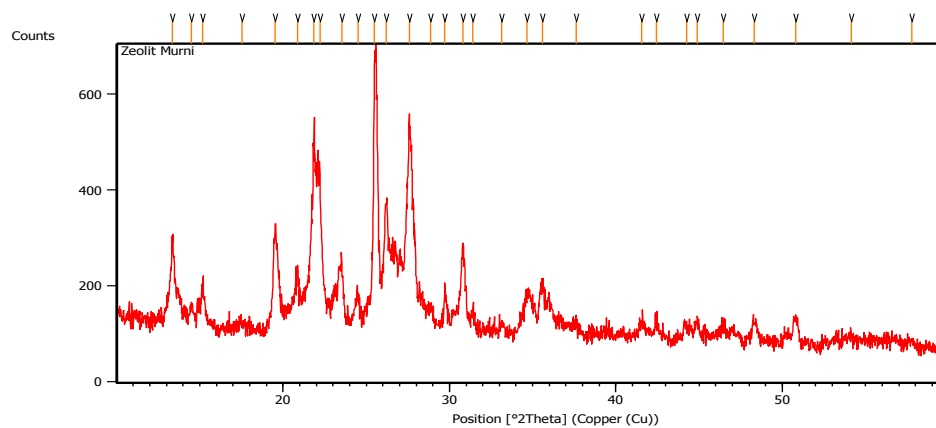


Pengecekan ulang pH

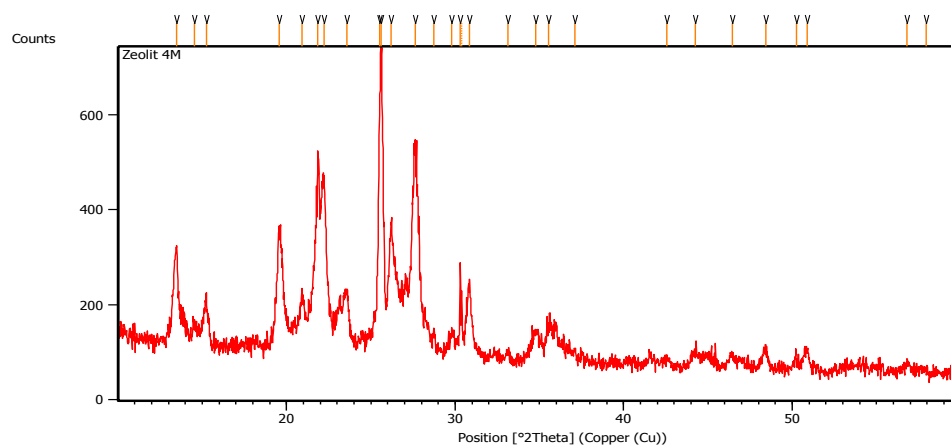
Lampiran 5 Karakterisasi Zeolit Alam Dan Zeolit Teraktivasi

L.6.1 Karakterisasi XRD

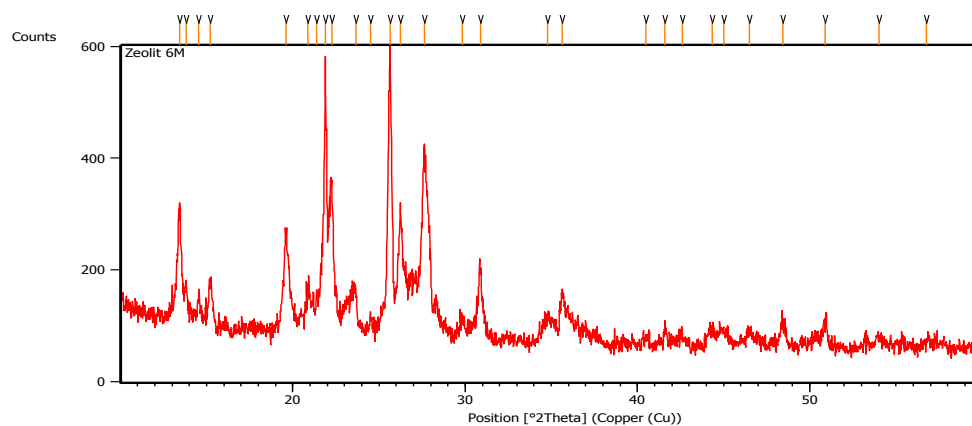
- Zeolit Alam



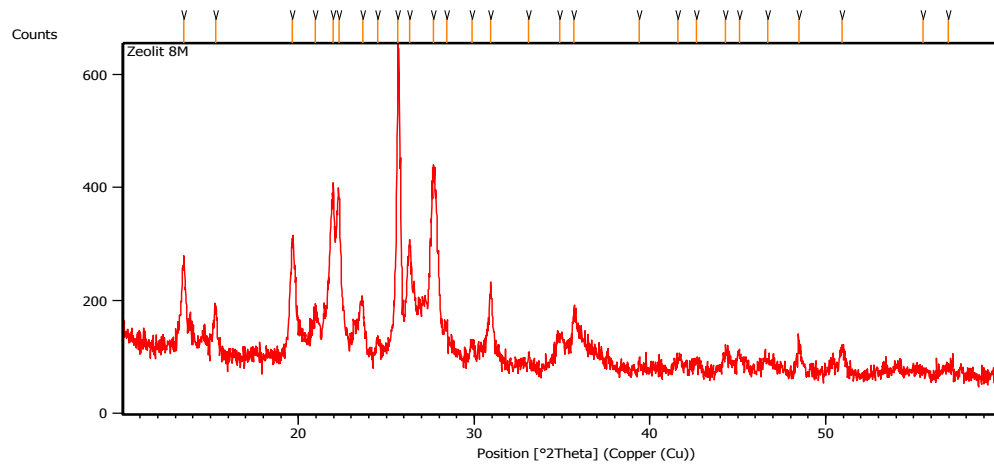
- Zeolit 4 M



- Zeolit 6 M

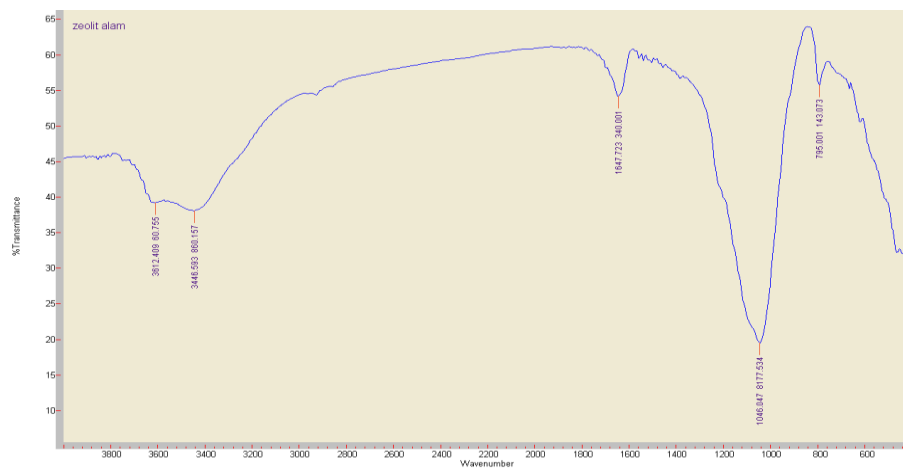


- Zeolit 8 M

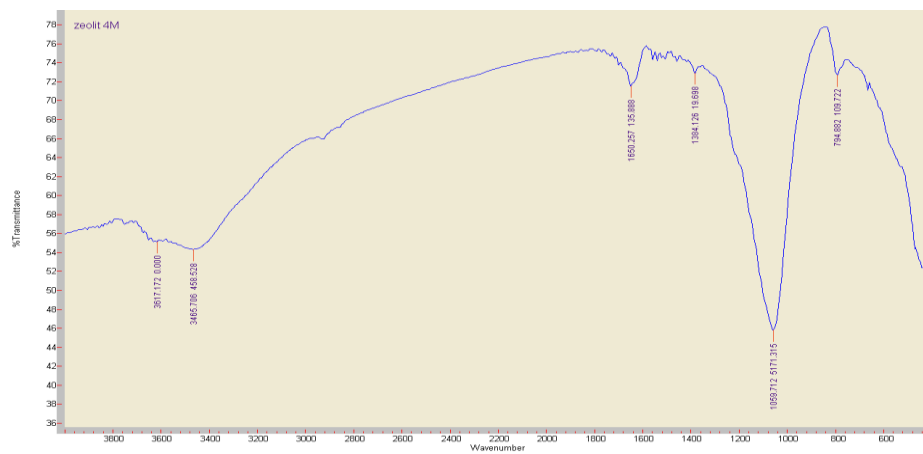


L.6.2 Karakterisasi FTIR

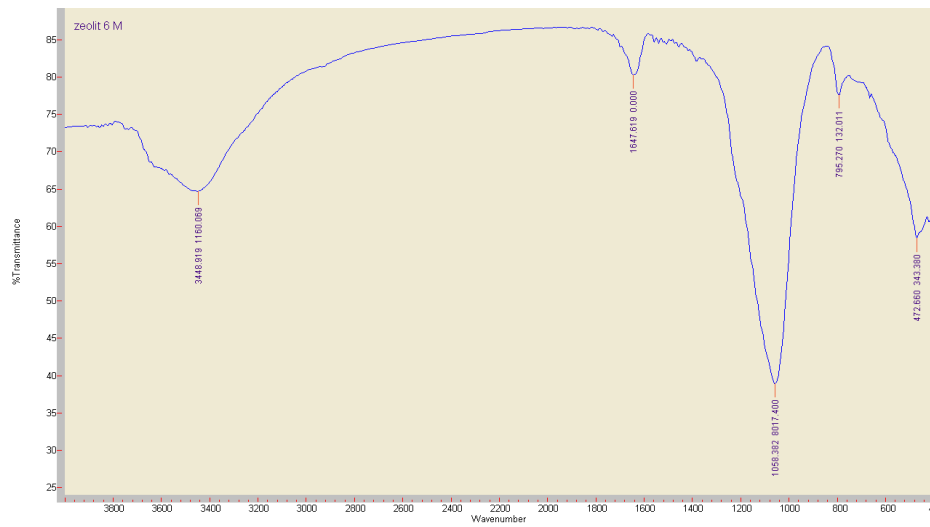
- Zeolit Alam



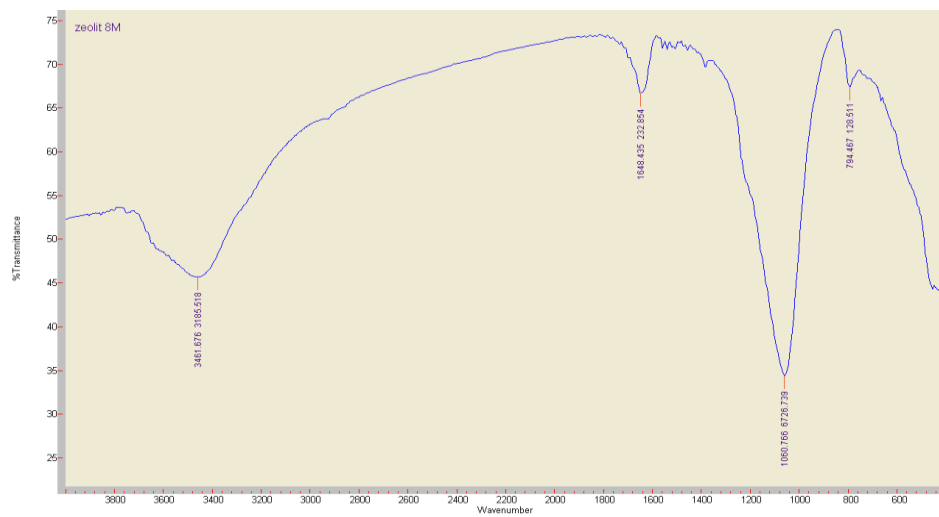
- Zeolit 4 M



- Zeolit 6 M



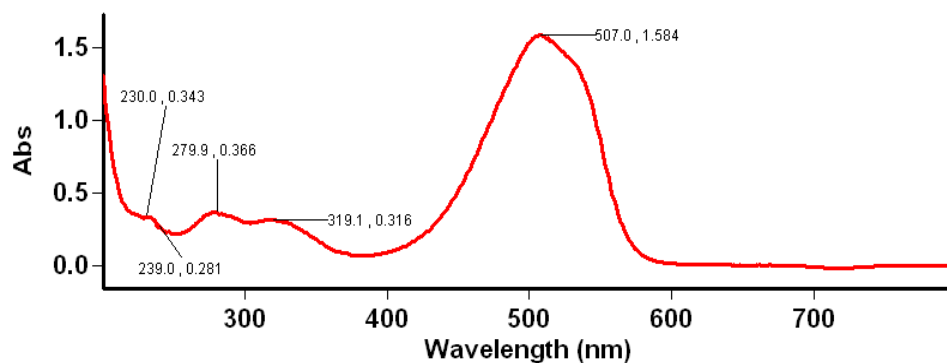
- Zeolit 8 M



Lampiran 6 pH opimum methyl orange

➤ Lamdha Maks pH 3 *Methyl Orange*

Tanggal Analisa : 18 September 2020



Scan Analysis Report

Report Time : Fri 18 Sep 02:35:11 PM 2020

Method:

Batch: D:\Dzul Hilmi\Lamdha Maks Metil Orange pH 3 (18-09-2020).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: Metil Orange pH 3

Collection Time 9/18/2020 2:35:59 PM

Peak Table

Peak Style

Peak Threshold

Range

Peaks

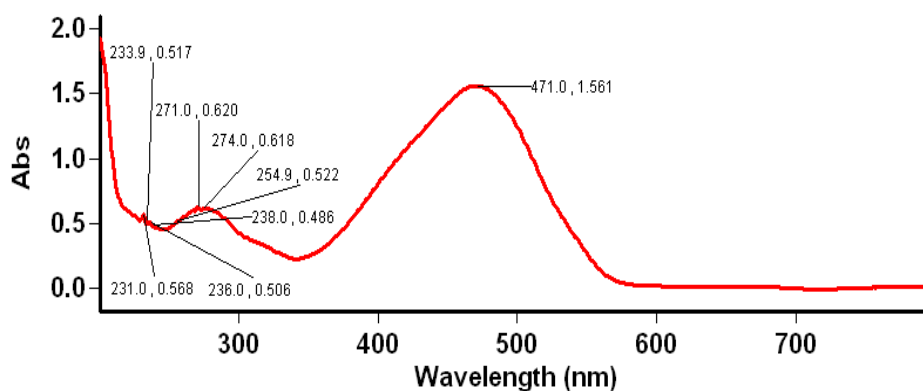
0.0100

800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	Abs
507.0	1.584
319.1	0.316
279.9	0.366
239.0	0.281
230.0	0.343

➤ Lamdha Maks pH 5 *Methyl Orange*

Tanggal Analisa : 18 September 2020



Scan Analysis Report

Report Time : Fri 18 Sep 02:43:22 PM 2020

Method:

Batch: D:\Dzul Hilmi\Lamdha Maks Metil Orange pH 5 (18-09-2020).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: Metil Orange pH 5

Collection Time 9/18/2020 2:43:51 PM

Peak Table

Peak Style

Peaks

Peak Threshold

0.0100

Range

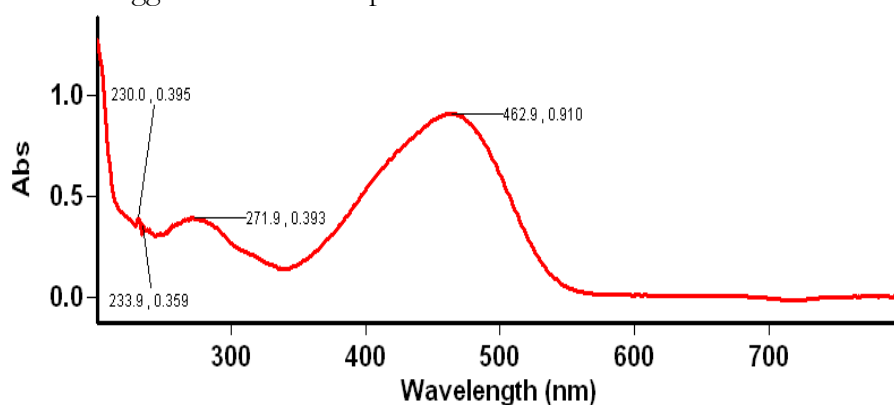
800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm) Abs

471.0	1.561
274.0	0.618
271.0	0.620
254.9	0.522
238.0	0.486
236.0	0.506
233.9	0.517
231.0	0.568

➤ Lamdha Maks pH 7 *Methyl Orange*

Tanggal Analisa : 18 September 2020



Scan Analysis Report

Report Time : Fri 18 Sep 02:48:36 PM 2020

Method:

Batch: D:\Dzul Hilmi\Lamdha Maks Metil Orange pH 7 (18-09-2020).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: Metil Orange pH 7

Collection Time 9/18/2020 2:49:08 PM

Peak Table

Peak Style

Peaks

Peak Threshold

0.0100

Range

800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm) Abs

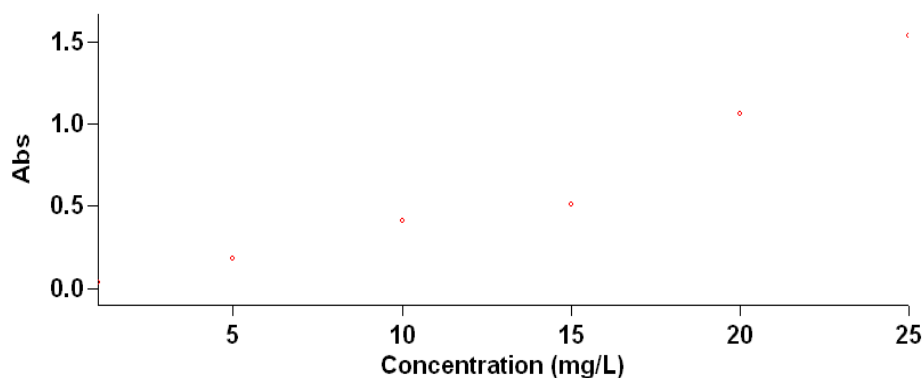
462.9	0.910
-------	-------

271.9	0.393
233.9	0.359
230.0	0.395

➤ Penentuan Kurva Standar

Kurva standar methyl orange

Tanggal Analisa : 13 November 2020



Concentration Analysis Report

Report time	11/13/2020 2:50:50 PM
Method	
Batch name	D:\Dzul Hilmi\Kurva Standar Metil Orange 2 (13-11-2020).BCN
Application	Concentration 3.00(339)
Operator	Rika

Instrument Settings

Instrument	Cary 50
Instrument version no.	3.00
Wavelength (nm)	507.0
Ordinate Mode	Abs
Ave Time (sec)	0.1000
Replicates	3
Standard/Sample averaging	OFF
Weight and volume corrections	OFF
Fit type	Linear
Min R ²	0.95000
Concentration units	mg/L

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1449)	507.0

Calibration

Collection time	11/13/2020 2:51:04 PM
-----------------	-----------------------

Standard	Concentration mg/L	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Std 1						0.0321
						0.0322
	1.0		0.0322	0.0001	0.27	0.0322

Std 2					0.1605
					0.1601
	5.0	0.1604	0.0002	0.14	0.1604
Std 3					0.4129
					0.4122
	10.0	0.3486	0.0002	0.05	0.4118
Std 4					0.5432
					0.5415
	15.0	0.5420	0.0010	0.19	0.5414
Std 5					0.7253
					0.7236
	20.0	0.7243	0.0009	0.13	0.7240
Std 6					0.9921
					0.9920
	25.0	0.9922	0.0002	0.02	0.9924
Calibration eqn		Abs = 0.0394*Conc -0.0322			
Correlation Coefficient		0.9943			

➤ Data Absorbansi *Methyl Orange* Variasi pH

pH	Co (larutan kontrol)	Absorbansi			Rata-rata	Ce (X)	% Ads
3 (4M)	15,2106	0,0919	0,0903	0,0897	0,0906	3,1167	79,52 %
3 (6M)	15,2106	0,0924	0,0926	0,0909	0,0920	3,1522	79,28 %
3 (8M)	15,2106	0,0843	0,0917	0,0855	0,0872	3,0304	80,01 %
5 (4M)	11,6066	0,1685	0,0882	0,0839	0,1135	3,6980	68,14 %
5 (6M)	11,6066	0,1857	0,1266	0,1188	0,1437	4,4645	61,53 %
5 (8M)	11,6066	0,0808	0,0831	0,0827	0,0822	2,9035	74,98 %
7 (4M)	10,8502	0,1165	0,1194	0,1198	0,1180	3,8274	64,72 %
7 (6M)	10,8502	0,1157	0,1211	0,1199	0,1189	3,8350	64,65 %
7 (8M)	10,8502	0,1160	0,1218	0,1195	0,1191	3,8401	64,61 %

- Perhitungan % adsorpsi methyl orange dengan variasi konsentrasi

Diketahui:

$$Y = aX - b$$

$$Y = 0,0394x - 0,0322$$

$$\text{Abs} = 0,0906$$

Ditanya: % adsorpsi methyl orange

$$Y = 0,0394x - 0,0322$$

$$0,0906 = 0,0394x - 0,0322$$

$$0,0906 - 0,0322 = 0,0394x$$

$$0,0584 = 0,0394x$$

$$x = \frac{0,0584}{0,0394}$$

$$x = 3,1167 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi Metyhl Orange} &= \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{15,2106 - 3,1167}{15,2106} \times 100\% \\ &= 79,52 \% \end{aligned}$$